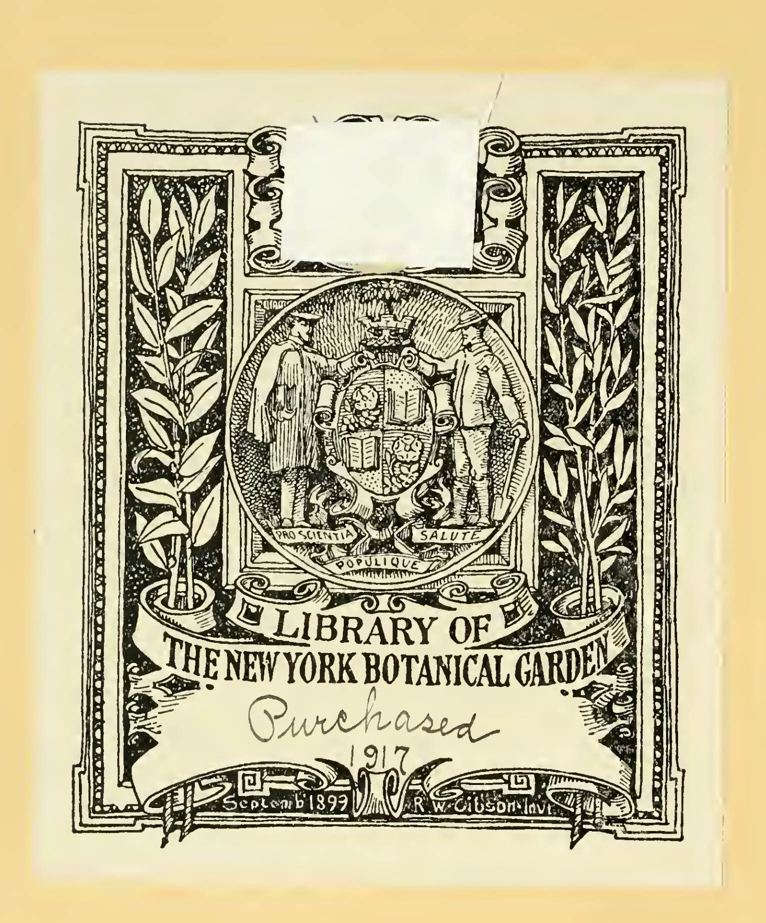


Lehrbuch der Baumkrankheiten

von

Robert Hartig.







LEHRBUCH

DER

BAUMKRANKHEITEN.

LEHRBUCH

DER

BAUMKRANKHEITEN

VON

DR. ROBERT HARTIG,
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

MIT 186 FIGUREN AUF 11 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN
UND 86 HOLZSCHNITTEN.



BERLIN.
VERLAG VON JULIUS SPRINGER.
1882.

Vorrede.

Es ist nunmehr ein Decennium verflossen, seit ich mich der Erforschung der Krankheiten der Waldbäume zugewendet habe. Ueberblicke ich das, was mir vergönnt war, mit meinen geringen Kräften zur Förderung der wissenschaftlichen Erkenntniss dieser Erscheinungen beizutragen, so glaube ich, dass es auch einem weiteren Leserkreise nicht uninteressant sein dürfte, in der Kürze die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchungen kennen zu lernen. Die erste Veröffentlichung der Arbeiten musste in einer, allen wissenschaftlichen Anforderungen entsprechenden Ausführlichkeit erfolgen. Daraus erklärt es sich, dass die Resultate derselben noch nicht zum Gemeingut der Forstwirthe geworden sind. Ich glaube nicht zu irren, wenn ich annehme, dass der Wunsch, dieselben kennen zu lernen, ein allgemein verbreiteter sei. Wollen wir bei dem mit Verwaltungsgeschäften reichlich belasteten Forstwirthe Interesse und Verständniss für eine wissenschaftliche Disciplin erwecken, so erreichen wir dies sicherlich nicht dadurch, dass wir ihm dickleibige, vielbändige Werke offeriren. Selbst der junge, noch ganz dem wissenschaftlichen Studium sich widmende Forstmann wird seinen Enthusiasmus für das eine oder andere Wissensgebiet nicht nach dem Umfange der ihm dargebotenen Lehrbücher abstimmen. Die Zahl all der heterogenen Disciplinen, mit denen er sich während seiner Studienzeit vertraut machen muss, ist so gross, dass für den Lehrer die heilige Pflicht daraus erwächst, Haus zu halten mit der Zeit, mit der Lernkraft und — mit den Geldmitteln seiner Zuhörer.

Von diesem Gedanken und von der Ueberzeugung ausgehend, dass unter Beobachtung der strengsten Wissenschaftlichkeit es doch möglich sei, das Wissenswertheste aus einer Disciplin so zusammenzustellen, dass das volle Verständniss für dieselbe erreicht, das Interesse für selbständige Beobachtung und Forschung erweckt werde, habe ich in diesem Lehrbuche einen Ueberblick über unsere Kenntniss von den Erkrankungen der Bäume zu geben versucht. Vieles ist darin enthalten, was ich in meinen

früheren Werken noch nicht veröffentlicht habe. Von den Ergebnissen anderer Forscher habe ich nur das in das Lehrbuch aufgenommen, was ich auf Grund eigener Untersuchungen und Beobachtungen zu vertreten im Stande bin und mich nur hier und da auf Mittheilung nicht selbst geprüfter Thatsachen eingelassen, wenn mir der Name des Autors volle Garantie für deren Richtigkeit darbot. Das Bestreben nach grösster Vollständigkeit verleitet gar zu leicht zur Aufnahme von oberflächlichen, bei näherer Prüfung sich als unrichtig ergebenden Angaben. Ich glaubte mehr Werth auf Zuverlässigkeit als auf Vollständigkeit legen zu sollen. Die Beigabe zahlreicher Holzschnitte, insbesondere vieler Habitusbilder, wird gewiss allgemein willkommen geheissen werden. Es schien mir zweckmässig zu sein, aus meinen früher veröffentlichten Werken einige Tafeln diesem Lehrbuche beizufügen, um aus jeder grösseren Pilzgruppe einen oder einige Repräsentanten eingehender beschreiben und durch mikroskopische Bilder erläutern zu können. Nur Tafel II und III wurden neu angefertigt. Von den Krankheiten der landwirthschaftlichen Culturpflanzen wurden nur die bedeutsamsten kurz erwähnt im Interesse derjenigen meiner Leser, die in Ermangelung der einschlägigen Literatur doch den Wunsch haben, das Wichtigere daraus zu erfahren.

Möchte durch dieses Lehrbuch das Interesse und Verständniss für die Krankheitserscheinungen der Bäume, insbesondere der Waldbäume gefördert und allgemein verbreitet werden; möchte aber auch dadurch der Anstoss zu neuen Forschungen und zum weiteren Ausbau der in wissenschaftlicher und praktischer Richtung gleich interessanten Pflanzenkrankheitslehre gegeben werden.

München, März 1882.

R. Hartig.

Inhaltsübersicht.

Seite

II. Abschnitt. Verwundungen.

III. Abschnitt. Erkrankungen durch Einflüsse des Bodens.

IV. Abschnitt. Erkrankungen durch atmosphärische Einflüsse.

Einleitung.

§ 1. Entwicklung der Pflanzenkrankheitslehre.

Die Umwandlung der natürlichen Bewaldungsverhältnisse Deutschlands, die Begründung gleichartiger Bestände derselben Altersstufe und Holzart an Stelle der aus verschiedenartigen und verschiedenaltrigen Bäumen zusammengesetzten Plänter- und Mittelwaldungen, insbesondere die Verdrängung des Laubholzes durch reine Nadelholzbestände hat in unserem Jahrhundert und ganz besonders in den letzten Decennien Gefahren für den Wald heraufbeschworen, welche in solchem Umfange früher unbekannt waren. Besonders sind es die Feinde aus dem Thier- und Pflanzenreiche, die in unseren modernen Waldungen günstige Bedingungen zu massenhafter Entwicklung vorfinden, so dass die Klagen über zunehmende Waldverwüstungen keineswegs unbegründet erscheinen. Bekannt waren schon den Forstwirthen des vorigen Jahrhunderts sehr viele Feinde und Krankheiten der Bäume; es zeugt hierfür ein im Jahre 1795 erschienenes Werk [1]), welches wohl die erste Zusammenstellung der in der älteren Literatur zerstreuten Beobachtungen über Pflanzenkrankheiten enthält. Wir können daraus entnehmen, dass eine grosse Zahl der erst in den letzten Jahren aufgeklärten Krankheiten, z. B. die Buchenkeimlingskrankheit, der Kienzopf der Kiefer, die Rothfäule der Fichte u. s. w. vor 100 Jahren den Forstleuten wohl bekannt war, wenn auch die Erklärung der Ursachen selbstredend dem damaligen Standpunkte der botanischen Wissenschaft entsprechend ausfallen musste.

Vor etwa 50 Jahren wandte sich eine Anzahl tüchtiger Forscher, Saxesen, Th. Hartig, Ratzeburg seien hier nur genannt, dem Studium der Insecten zu. Das Leben der Forstinsecten, ihr Schaden oder Nutzen wurde bald das Lieblingsstudium vieler praktischer Forstwirthe und den gemeinsamen Bemühungen zahlreicher Kräfte gelang es, in wenig Decennien die Forstinsectenkunde zu

1) Schreger, Erfahrungsmässige Anweisung zur richtigen Kenntniss der Krankheiten der Wald- und Gartenbäume etc. Leipzig, 1795. 518 Seiten.

einer geachteten wissenschaftlichen Disciplin zu erheben, die ein Gemeingut aller gebildeten Forstwirthe geworden ist.

Anders stand es mit denjenigen Pflanzenkrankheiten, die sich nicht auf Thierbeschädigungen zurückführen liessen. Ihre Erforschung blieb der jüngsten Zeit vorbehalten, denn erst, nachdem die botanische Wissenschaft mit ihrer Hauptwaffe, mit dem Mikroskop einen klareren Einblick gewonnen hatte in den normalen Bau und in die normalen Lebenserscheinungen der Pflanzen, nachdem insbesondere das Studium der Pilze in den letzten Jahrzehnten durch eine Reihe der hervorragendsten Forscher gefördert war, konnte die Untersuchung der krankhaften Erscheinungen des Pflanzenlebens mit Aussicht auf Erfolg in Angriff genommen werden.

Zwar waren in den Jahren 1833 bis 1841 drei Lehrbücher der Pflanzenkrankheiten erschienen, nämlich von Fr. Unger[1]), von Wiegmann[2]) und von Meyen[3]), welche Zeugniss dafür ablegen, dass die Fortschritte in der Erkenntniss des Baus und Lebens der Pflanze bei den Versuchen, die krankhaften Erscheinungen des Pflanzenlebens zu erklären, nicht unbenützt geblieben waren, die irrige Anschauung über das Wesen der Pilze, die völlige Unkenntniss ihrer Entwicklungsgeschichte standen jedoch dem klaren Verständniss der Krankheitsprocesse hindernd im Wege. Bahnbrechend für die Erforschung der Pflanzenkrankheiten waren erst die Arbeiten von de Bary[4]) und Tulasne[5]) und es beginnt hiermit eine neue Periode für die Erforschung der Pflanzenkrankheiten, indem man von nun an dem Leben und Wirken der parasitären Pilze die grösste Aufmerksamkeit zuwendete. Die bisherige Anschauung, demnach alle Pilzbildungen nur im Gefolge bereits vorhandener Kranheitsprocesse oder gar als Symptome bereits eingetretenen Todes der bewohnten Pflanzentheile auftreten, war als irrig erwiesen und wendete sich nunmehr die Forschung in erster Linie den Krankheiten der landwirthschaftlichen und gärtnerischen Culturgewächse zu. Unter anderen war es vorzugsweise Jul. Kühn[6]), der die Wissenschaft um eine Reihe der werthvollsten Untersuchungen

---

1) Fr. Unger, Die Exantheme der Pflanzen und einige mit diesen verwandte Krankheiten der Gewächse. Wien 1833.

2) Wiegmann, Die Krankheiten und krankhaften Missbildungen der Gewächse. Braunschweig 1839.

3) Meyen, Pflanzenpathologie. Lehre von dem krankhaften Leben und Bilden der Pflanzen. Berlin 1841.

4) De Bary, Untersuchungen über die Brandpilze und die durch sie veranlassten Krankheiten der Pflanzen mit Rücksicht auf das Getreide und andere Nährpflanzen. Berlin 1853.

5) Tulasne Selecta fungorum carpologia. Paris 1861.

6) Julius Kühn, Die Krankheiten der Culturgewächse, ihre Ursachen und Verhütung. Berlin 1858.

bereicherte. Eine sicherere Basis gewann die weitere Forschung mit dem Erscheinen von de Bary's[1]) Morphologie und Physiologie der Pilze.

Bis dahin war die Aufmerksamkeit der Forscher fast allein den landwirthschaftlichen Culturgewächsen zugewendet gewesen, und erklärt sich dies genügend aus dem Umstande, dass ja nur wenigen botanisch Gebildeten die Gelegenheit geboten war, auch im Walde zu forschen und den Krankheiten der Bäume ihre Aufmersamkeit zuzulenken. Es ist das unzweifelhafte Verdienst von M. Willkomm, nach dieser Richtung hin anregend gewirkt zu haben, wenn auch dessen Untersuchungen[2]) in ihren Hauptbestandtheilen heute nur mehr einen historischen Werth besitzen. Der Versuch Halliers, das zerstreute Material in einem Lehrbuche[3]) zusammenzustellen, wurde sechs Jahre später mit glücklicherem Erfolge durch P. Sorauer[4]) wiederholt. Dessen Handbuch ist ein verdienstvolles Sammelwerk, in welchem systematisch geordnet die in zahllosen Zeitschriften und Werken zerstreuten Arbeiten, wenn auch nicht immer mit der wünschenswerthen kritischen Sichtung zusammengestellt worden sind. Gleichzeitig mit diesem Handbuche erschien die erste Serie meiner Untersuchungen[5]) über die Krankheiten der Waldbäume, welcher dann weitere Arbeiten[6,7]) folgten. In jüngster Zeit ist auch ein neues Handbuch der Pflanzenkrankheiten von Frank[8]) erschienen, in dem mit grossem Fleisse die in der Literatur zerstreuten Materialien gesammelt sind, dem aber derselbe Vorwurf, welcher das Sorauer'sche Handbuch trifft, nicht erspart werden kann.

§ 2. Begriff der Krankheit.

Die oft aufgestellte Behauptung, dass es überhaupt keinen absolut gesunden Organismus gebe, ist aus jener Definition abgeleitet, nach welcher Krankheiten solche Lebensvorgänge sind, welche entweder die Entwicklung des Körpers hemmen und seine Zerstörung befördern oder das Individuum als in einer fehlerhaften Beziehung zu der Aussenwelt sich befindend darstellen.

Lässt man diese Definition gelten, dann giebt es allerdings kaum einen gesunden Baum, denn wir müssen alsdann jedes Mindermass an Bodennahrung, an Licht, Wärme u. s. w. als Krankeitsursache bezeichnen. Jede Pflanze auf

1) De Bary, Morphologie und Physiologie der Pilze . . Leipzig 1866.

2) M. Willkomm, Die mikroskopischen Feinde des Waldes. Dresden 1866, 1868.

3) E. Hallier, Phytopathologie. Die Krankheiten der Culturgewächse. Leipzig 1868.

4) P. Sorauer, Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Berlin 1874.

5) R. Hartig, Wichtige Krankheiten der Waldbäume. Berlin 1874.

6) Ders., Die Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelholzbäume und der Eiche. Berlin 1878.

7) Ders., Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institute zu München 1. Berlin 1880.

8) B. Frank. Die Krankheiten der Pflanzen. Breslau 1880.

nahrungsarmem Boden zeigt unter übrigens gleichen Verhältnissen einen langsameren Wuchs, als solche auf kräftigerem Boden; der Mangel an aufnehmbaren Nährstoffen hemmt die Entwicklung des Körpers und müssen somit alle Pflanzen auf minderwerthigem Boden, ja strenggenommen alle Pflanzen als krank bezeichnet werden. Es stimmt damit auch der Sprachgebrauch überein, insofern man Pflanzen, die aus irgend welchem Grunde, z. B. in Folge von Verpflanzen nur sehr träge assimiliren und zuwachsen, „kränkelnde" nennt.

Eine Definition des Krankheitsbegriffes, die uns dahin führt, jeden Organismus als krank zu bezeichnen, würde es unmöglich machen, die Pathologie als eine gesonderte Disciplin aus dem Gebiete der Physiologie abzuzweigen, und in der That wird von verschiedenen Seiten die Berechtigung einer gesonderten Behandlung der Pflanzenpathologie in Frage gestellt. Ich meine dagegen, dass schon aus rein praktischen Gründen eine solche Abzweigung wünschenswerth, ja nothwendig sei, mag man nun die Grenze für diese Disciplin enger oder weiter ziehen.

Frank[1]) giebt eine Definition, die ebenfalls eine Abgrenzung des Krankheitszustandes gegenüber dem gesunden Zustande unmöglich macht. Er nennt Krankheit jede Abweichung von den normalen Zuständen der Species. Es ist hierbei lediglich an Stelle des Wortes „gesund" das Wort „normal" gesetzt, ohne letzteren Begriff zu erklären; Sorauer endlich sagt[2]): „Als eine Krankheit werden wir daher jede Störung des Organismus betrachten müssen, welche das Endziel seiner Arbeit, die Erfüllung seines Zweckes, benachtheiligt." Auch unter Zugrundelegung dieser Definition kommen wir dahin, jede Pflanze als krank zu bezeichnen, denn selten nur dürfte ein Organismus in seiner Arbeit völlig ungestört bleiben, sei es auch nur Mangel an Nährstoffen, an Wasser, Licht, Wärme u. s. w. der mindestens periodisch hemmend in die Lebensprocesse der Pflanze eingreift. Sorauer kommt in der consequenten Durchführung seiner Definition dahin, auch solche Vegetationserscheinungen, welche an sich als Zeichen besonderer Gesundheit aufgefasst werden müssten, desshalb zu den Krankheiten („relative Krankheiten") zu zählen, weil sie den Culturzwecken des Menschen nicht entsprechen, so z. B. das „in den Samen schiessen" der Runkelrüben, das Holzigwerden der Birnen u. s. w. Aus dem vorstehend Ausgeführten erhellt die Schwierigkeit, eine allseitig befriedigende Erklärung für den Inbegriff aller jener Zustände zu geben, die wir als krankhafte zu bezeichnen pflegen. Nachdem einmal bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft die Unmöglichkeit vorliegt, eine scharfe Grenze zwischen solchen Zu-

---

1) Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Seite 2.
2) Sorauer, Handbuch . . Seite 56.

ständen und Erscheinungen, die wir als krankhafte oder als gesunde bezeichnen können, zu ziehen, verzichten wir überhaupt darauf, eine Definition zu geben und kommt es nur darauf an, die Grenzen zu bezeichnen, die wir bei Betrachtung der Lebensprocesse der Pflanzen in vorliegender Schrift einzuhalten gedenken. Ich ziehe diese Grenzen sehr enge, und will nur diejenigen Vorgänge in's Auge fassen, durch welche die Pflanze oder ein noch so kleiner Theil derselben zu vorzeitigem Absterben veranlasst wird. Schreiten wir in der Erkenntniss der Ursachen der abnormen Lebenserscheinungen in der Folgezeit weiter vor, dann wird es voraussichtlich nothwendig werden, der Pflanzenkrankheitslehre weitere Grenzen zu ziehen, als ich das zur Zeit für rathsam erachte. Ich bin darauf gefasst, dass mir der Vorwurf gemacht werde, die sogenannten Missbildungen ausgeschlossen zu haben. Ich halte dies aber nicht für einen grossen Fehler. Die weit überwiegende Mehrzahl der teratologischen Erscheinungen ist als ein Ausfluss der den Organismen innewohnenden Variabilität zu betrachten, die ja nicht als eine pathologische, sondern als eine mit der Fortentwicklung der organischen Welt innig zusammenhängende normale Erscheinung zu bezeichnen ist, deren in das jugendlichste Lebensstadium des Organismus fallende Ursachen genügend zu erklären, wohl nur in einzelnen Fällen in der Folge gelingen dürfte. Eine Abgrenzung zwischen Variation und Missbildung ist kaum möglich. Mancherlei Missbildungen werden allerdings im Laufe der Zeit auf pathologische Ursachen zurückgeführt werden können, dann ist aber immer noch Zeit genug, sie da einzureihen, wo sie nach ihren Entstehungsursachen hingehören.

Nach einer andern Richtung hin erscheint die Abgrenzung ebenfalls schwierig, nämlich auf dem Gebiete der symbiotischen Erscheinungen. Gewissermassen die vollkommenste Stufe der Symbiose[1]) wird durch jene wunderbaren Doppelwesen vertreten, die noch vor einem Jahrzehnt als selbstständige Pflanzen betrachtet wurden, durch die Flechten. Wir wissen jetzt durch Schwendener u. A, dass wir in diesen morphologisch so wohl charakterisirten Pflanzen parasitische Pilze vor uns haben, welche mit gewissen Algenformen sich zu einem gemeinsamen Leben, zu einer Symbiose vereinigt haben, ohne diese zu tödten. Sie leben vielmehr friedfertig zusammen und die von den chlorophyllhaltigen Algen (Gonidien) durch Assimilation erzeugten Bildungsstoffe dienen den mit ihnen zusammenlebenden Pilzen als Nahrung. Es giebt kaum einen schlagenderen Beweis für die Irrigkeit der noch bei den meisten älteren Forstleuten anzutreffenden Anschauung, es könnten die Pilze nur auf todten Organismen vegetiren, wie diese wunderbaren Doppelwesen, „Flechten“ genannt.

1) De Bary, Die Erscheinung der Symbiose. Strassburg 1879.

Niemand wird nun die vorbeschriebene Form der Symbiose in das Gebiet der Krankheitslehre verweisen und wird dieselbe ja auch durch meine Definition ausgeschlossen. Es giebt aber auch Symbiosen, bestehend im Zusammenleben parasitärer Pilze mit verschiedenen höheren Pflanzen insbesondere auch Waldbäumen, bei denen eine Tödtung der Gewebe der Wirthspflanzen ebenfalls nicht oder doch erst nach vielen Jahren stattfindet. Wir werden in der Folge eine ganze Anzahl von Pilzen kennen lernen, die eine lange Reihe von Jahren im Gewebe ihrer Wirthspflanze leben, ohne diese zu tödten oder selbst in manchen Fällen erkennbar zu verändern. Als solche Symbiosen führe ich an: die Calyptospora Goeppertiana im Stengel der Preisselbeeren, das Aecidium elatinum im Rindengewebe der Weisstannenhexenbesen und der damit zusammenhängenden Stammanschwellungen, die Exoascusarten in den Hexenbesen u. s. w. In all den genannten Fällen würde aber doch die von mir aufgestellte Definition noch anwendbar sein, denn gewisse Theile der von den Parasiten besetzten Pflanzengewebe erleiden einen vorzeitigen Tod, nämlich diejenigen, in denen die Sporenbildung alljährlich erfolgt. Die Wurzelwucherungen der Ellern, Leguminosen, durch Schinziaarten veranlasst, zeigen auch ein solches Absterben von Gewebstheilen nicht und bilden somit einen Uebergang zu jenen Flechten, bei denen man zweifelhaft sein kann, ob man sie noch zu den pathologischen Erscheinungen zählen will.

§ 3. Ursachen der Krankheiten.

Ueberblicken wir das im Vorstehenden begrenzte Gebiet der Pflanzenkrankheiten, dann ergiebt sich nach den Ursachen derselben folgende Eintheilung:

1) Erkrankungen durch phanerogame Pflanzen.
2) Erkrankungen durch cryptogame Pflanzen.
3) Verwundungen.
4) Erkrankungen durch Einflüsse des Bodens.
5) Erkrankungen durch atmosphärische Einflüsse.

Was die Verwundungen der Pflanzen betrifft, so besitzen wir so treffliche Bearbeitungen der Insecten und ihrer Beschädigungen, dass die Darstellung des insectologischen Theils in einer Pflanzenpathologie mindestens überflüssig genannt werden muss. Die Forstwirthe insbesondere befinden sich im Besitze so ausgezeichneter Werke über Forstinsectenkunde[1]), dass es eine nutzlose Vertheuerung der vorliegenden Schrift gewesen sein würde, wenn ich dieselbe hätte aufnehmen wollen.

---

1) Altum, Forstzoologie. III Bde., Insecten. Aufl. 2. Berlin 1881.
Judeich-Ratzeburg, Die Waldverderber und ihre Feinde. Aufl. 7. Berlin 1876.
Ratzeburg, Forstinsecten. Berlin 1837.

Die vorstehende Uebersicht enthält nur Krankheitsursachen, welche in *äusseren Factoren* begründet sind und dürfte hier vorweg die Frage zu stellen sein, ob die Erkrankung einer Pflanze lediglich auf äussere Einflüsse zurückzuführen sei oder ob den Pflanzen bei bestimmten Krankheiten auch eine *Krankheitsanlage* innewohnen müsse, wenn jene äusseren Einflüsse wirksam werden sollen. Die Beantwortung dieser Frage spielt insbesondere für die Infectionskrankheiten eine hervorragende Rolle, indem von Gegnern der Pilzforschung die Behauptung aufgestellt wurde, gesunde, kräftig ernährte Pflanzen seien unangreifbar für die parasitären Pilze, es sei das Auftreten einer infectiösen Krankheit ein Beweis dafür, dass die Pflanzen bereits krank gewesen, insbesondere mangelhaft oder unpassend ernährt worden seien.

Es gab eine Zeit, in der man die meisten Erkrankungen für Folgen eingetretener Ernährungsstörungen ansah, die fast lediglich in chemischen Einflüssen des Bodens ihren Grund haben sollen. Nachdem das Irrige dieser Anschauung von allen Einsichtigen erkannt worden war, trat an deren Stelle die vorerwähnte Anschauung von der krankhaften Prädisposition, die in der Regel durch unpassende Ernährung, in einzelnen Fällen auch wohl durch ungünstige klimatische Verhältnisse, durch eine eingetretene Degeneration u s. w. hervorgerufen sei. Eine Prädisposition im obigen Sinne ist mir völlig unbekannt geblieben und verliert damit die Bodenkunde einen grossen Theil der Bedeutung, welche man ihr hier und da beigelegt hat. Die Bodenbeschaffenheit ist nur von Bedeutung, insofern von ihr die Quantität des Wuchses abhängig ist, für die Erklärung der Pflanzenkrankheiten spielt sie nur eine untergeordnete Rolle, wie aus dem betreffenden Abschnitte dieser Schrift näher zu ersehen ist. Von einer krankhaften Prädisposition in dem Sinne, wie diess in den weitaus meisten Fällen aufgefasst wird, kann bei den Pflanzen nicht gesprochen werden, dagegen giebt es Krankheitsanlagen, wenn solche in folgendem Sinne genommen werden. *Krankheitsanlage oder Prädisposition ist jeder wenn auch nur vorübergehende Zustand im anatomischen Baue oder in den Lebensfunctionen eines Organismus, der an sich noch keinerlei Nachtheil für das Individuum in sich schliesst, ja in der Regel zu den völlig normalen, allen Pflanzen zeitenweise zukommenden Eigenschaften gehört, der aber, wenn noch ein zweiter äusserer Factor, der für sich allein ebenfalls ohne Nachtheil für die Pflanze ist, hinzukommt, zu einer Erkrankung führt.* Krankheitsanlage ist desshalb noch nicht ein Krankheitskeim oder eine Krankheit, da sie für den Organismus der Pflanze an sich ganz gleichgültig oder unter Umständen sogar sehr vortheilhaft sein kann.

In vorstehend präcisirtem Sinne kann man die Krankheitsanlagen in vier Kategorien eintheilen

Als erste Gruppe kann man die Krankheitsanlagen zusammenfassen, welche durch naturliche Entwicklungszustände, welche jede Pflanze periodisch zeigt, bedingt werden.

Jugendliches Alter, an sich gewiss keine Krankheit, kann die Pflanze oder einzelne Theile derselben für gewisse Infectionskrankheiten prädisponiren und zwar dadurch, dass Blätter und Triebe noch nicht mit einer derberen verkorkten Hautschicht bekleidet sind. Es zeigen somit die Pflanzen oftmals im Frühjahr bis Ende Mai eine Prädisposition für manche Krankheiten, die sich im Sommer völlig verliert.

Hohes Lebensalter kann einen Baum für Angriffe mancher Parasiten prädisponiren, z. B. die Kiefer für die Erkrankung durch Trametes Pini. Die Sporen dieses Parasiten können nur an frischen Astwunden keimen und ihre Keimschläuche ins Innere senden. Bis zu einem Alter von etwa 40 – 50 Jahren besitzen die Kiefernäste aber lediglich Splintholz, aus welchem das Terpentinöl sofort nach einer Verwundung herausgedrängt wird und dann die Wundfläche bedeckt resp. gegen Pilzangriffe schützt. Aeste älterer Bäume besitzen schon Kernholz und in diesem fehlt das flüssige Terpentinoel, da dies in die Substanz der wasserarmen Zellwandungen eingetreten ist. Die Wundfläche bleibt desshalb ohne Harzschicht und somit ohne Schutz gegen Pilzangriffe. Ueberhaupt ist das häufigere Kranksein älterer Bäume nicht etwa Folge einer „geschwächten Lebenskraft“ u. dergl, sondern erklärt sich aus solchen Verhältnissen, wie ich sie durch ein Beispiel erläuterte, insbesondere aber aus dem Umstande, dass Baumverwundungen z. B. an einem fünfhundertjährigen Baume nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung fünfmal häufiger eingetreten sein werden, als an einem hundertjährigen, dass die Wahrscheinlichkeit der Infection fünfmal grösser sein muss, dass in der Jugend kleine Schäden durch infectiöse Holzpilze oder durch Wundfäule u. s. w., die kaum bemerkt werden, mit dem Alter sich vergrössern.

Die Jahreszeit und der dadurch bedingte Vegetationszustand der Pflanze kann eine Disposition für mancherlei Krankheiten hervorrufen. Das in voller Vegetationsthätigkeit befindliche Gewebe des Cambiums, Bast- und Rindengewebes scheint widerstandsfähiger zu sein gegen die Wirkung und die Verbreitung der Pilzmycelien, als dieselben Gewebe im Ruhezustande. Die meisten Rindenpilze verbreiten sich nur im Herbste bis Frühjahr weiter, ihr Wachsthum wird im Sommer durch die Thätigkeit der Gewebe beeinträchtigt. Pilze, die im Rindengewebe nur dann vegetiren, wenn dieses bereits abgestorben ist, entwickeln sich in dem Holzkörper der kräftigsten Pflanzen mit grosser Ueppigkeit, da in ihm die Energie der chemischen Processe weit geringer ist.

Im Winter vertragen die meisten unserer Bäume und Sträucher die Tem-

peratur bis zu — 20°, sobald im Frühjahr die Vegetation begonnen, sind sie im höchsten Grade disponirt, bei geringen Kältegraden zu erfrieren.

Regenwetter macht die Pflanzen empfänglich für viele Pilzkrankheiten und zwar nicht etwa nur desshalb, weil dann die Sporen äusserlich besser keimen können, sondern weil die inneren Gewebe die Pflanzen ebenfalls wasserreicher sind und dadurch die Pilzentwicklung im Innern mehr fördern.

Als zweite Gruppe von Krankheitsanlagen kann man alle solche Eigenthümlichkeiten zusammenfassen, welche nur einzelnen Individuen oder Varietäten gleichsam angeboren sind.

Früher oder später Laubausbruch kann einzelne Individuen besonders disponirt für mancherlei Krankheiten erscheinen lassen. Früher Laubausbruch disponirt zum Erfrieren bei Spätfrösten. Recht oft erklärt die Zeit des Laubausbruches das Erkranken einzelner Individuen durch Pilze, während unmittelbar benachbarte Individuen völlig gesund bleiben. Die Sporen mancher Parasiten werden nur zu einer bestimmten Jahreszeit reif und erhalten sich nur kurze Zeit keimfähig. Es werden von ihnen nur diejenigen Individuen ihrer Wirthspflanzenspecies befallen und inficirt werden, deren Blätter oder Triebe gerade zu dieser Zeit auch empfängnissfähig sind. Individuen, deren Blüthen zur Zeit der Sporenausstreuung noch gar nicht entwickelt oder aber bereits zu alt waren, bleiben von der Krankheit verschont.

Dünnhäutigkeit einer Kartoffelsorte soll diese vorzugsweise empfänglich für Angriffe des Kartoffelfäulepilzes machen, während dickhäutige Sorten dem Eindringen der Sporenkeime grösseren Widerstand leisten.

Buntblättrigkeit einer Pflanze disponirt dieselbe für die Erscheinungen des Frosttodes.

Eine dritte Gruppe umfasst solche Krankheitsanlagen, welche durch äussere Einflüsse hervorgerufen werden, die mithin im Gegensatz zu den angeborenen, als erworbene bezeichnet werden können.

Pflanzen, die im Schatten erwachsen sind, zeigen sich gegen die directe Sonnenwirkung empfindlich, so dass die Oberhautzellen der beschienenen Blätter getödtet werden und sich bräunen. In feuchter Umgebung erwachsene Pflanzen oder Pflanzentheile sind im höchsten Grade empfindlich gegen trockene Luft, ihre Oberhaut ist in der feuchten Luft nicht in dem Maasse cuticularisirt, dass sie das Vertrocknen des Blattinnern verhüten kann. Glattrindige Bäume, im Schatten des geschlossenen Bestandes erwachsen bekommen den Rindenbrand, wenn sie z. B. bei Wegeanlagen u. s. w. plötzlich der directen Sonnenwirkung exponirt werden, während Bäume derselben Art, wenn sie von Jugend auf im freieren Stande erwachsen sind, an dieser Krankheit nicht zu leiden haben. Die im Schatten entstandene Rinde besitzt anatomische Eigenthümlichkeiten, welche bewirken, dass sie bei intensiver Sonnenwirkung theils

in Folge directer Erhitzung, theils durch übergrosse Verdunstung getödtet wird. Die Entstehung des Rindenbrandes setzt also eine durch Beschattung erworbene Krankheitsanlage voraus.

In München besitzen die meisten Coniferen eine Prädisposition für das Vertrocknen der Nadeln im Winter, sie ist erworben durch die Flachgründigkeit des Bodens, durch welche das tiefere Eindringen der Wurzeln unmöglich gemacht wird. Friert nun im Winter die obere Bodenschicht aus, so dass die Wasseraufnahme der Wurzeln aufhört und tritt klares, trockenes Wetter ein, dann vertrocknen die Nadeln, zumal die von der Sonne beschienenen.

Zu den erworbenen Krankheitsanlagen gehören ferner die mannigfachen Verwundungen, durch welche das Eindringen mancher Infectionspilze, andererseits das Eintreten der Wundfäule erst ermöglicht wird.

Recht oft sind wir geneigt, Krankheitsanlagen zu vermuthen, wo solche nicht vorhanden sind, wo vielmehr nur äussere Verhältnisse die Entstehung oder Verbreitung der Krankheiten besonders begünstigen, wie z. B. dichter Stand der Pflanzen, klimatische Einflüsse u. s. w. Die Aufzählung dieser Verhältnisse gehört zunächst nicht hierher.

Blicken wir zurück auf die verschiedenartigen Krankheitsanlagen, so erhellt, dass von einer Vererblichkeit derselben nur bei der zweiten Gruppe, bei den angeborenen Anlagen die Rede sein kann. Fassen wir den Begriff der Krankheit so eng, wie wir dies weiter oben gethan haben, dann ist eine Vererblichkeit der Krankheiten im Pflanzenreiche bisher noch nie beobachtet. Es würde von einer Vererblichkeit der Pflanzenkrankheiten erst dann gesprochen werden können, wenn wir jene Grenzen überspringen, wenn wir einerseits individuelle Trägwüchsigkeit, anderseits zahlreiche Erscheinungen der Variation und die damit in vielfachen Zusammenhang stehenden teratologischen Erscheinungen als Krankheiten auffassen. Bei einer solchen Erweiterung des Krankheitsbegriffes können und müssen wir auch im Pflanzenreich eine Vererblichkeit der Krankheiten anerkennen, die sich aber auch nur auf die angeborenen Krankheiten beschränkt.

Erworbene Krankheiten sind ebensowenig vererblich, wie erworbene Krankheitsanlagen, durch schlechten Boden oder unpassendes Klima bedingte Krüppelwüchsigkeit ist nicht vererblich, vielmehr können aus den Samen solcher Pflanzen die schönwüchsigsten Bäume entstehen. Den besten Beweis hierfür finden wir in der Thatsache, dass erweislich ein grosser, vielleicht der grösste Theil der an die Kiefernsamenklenganstalten eingelieferte Zapfen gerade aus den schlechtwüchsigsten Beständen entnommen werden, ohne dass dies von ersichtlichem Nachtheil für die Nachkommenschaft geworden wäre.

Auch in der Thierpathologie sind nur sehr vereinzelte Fälle bekannt, in denen erworbene Krankheiten resp. Anlagen dazu einen vererblichen Charakter

angenommen haben, doch handelt es sich gerade bei diesen Fällen, z. B. bei der Epilepsie um Krankheiten, mit deren Aetiologie, d. h. mit deren Erkenntniss der Krankheitsursache wir noch sehr weit zurück sind.

§ 4. Verfahren bei Untersuchung der Krankheiten.

Habe ich nun hiermit die hochwichtige Frage der Prädisposition und Vererblichkeit nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens kurz zu beantworten versucht, so knüpft sich daran am besten eine Betrachtung der Untersuchungsmethode, die wir einzuschlagen haben, wenn wir die Ursachen einer Erkrankung feststellen wollen. Wenngleich dieselbe in jedem Einzelfalle nach den Umständen verschieden sein muss, so gilt doch als erster Grundsatz, wenn möglich die ersten Anfangsstadien der Erkrankung zu untersuchen, da dann noch die beste Aussicht vorhanden ist, alle secundären Erscheinungen, die uns so leicht auf eine falsche Fährte locken, aus der Betrachtung ausschliessen zu können.

Handelt es sich um Beschädigungen durch Thiere oder Pflanzen, so werden wir diese selbst oder doch deren Spuren im Anfangsstadium der Erkrankung am sichersten auffinden und erkennen. Es genügt alsdann bei Thier- resp. Insectenbeschädigungen in der Regel, dass wir den Feind bei der Arbeit ertappen, ihn und seine Lebensweise in der Natur zu beobachten suchen. Dieses einfache Verfahren genügt in der Regel bei pflanzlichen Parasiten nicht, und zwar desshalb nicht, weil aus der Gegenwart eines Pilzes im abgestorbenen Gewebe noch nicht der Schluss gezogen werden darf, dass derselbe das Absterben bewirkt habe. Wo wir allerdings Pilzmycelien im scheinbar völlig unveränderten lebenden Gewebe einer Pflanze vegetirend finden, da spricht sehr vieles für die Annahme, dass wir es mit einem Parasiten zu thun haben. Auch in letzterem Falle muss das Bestreben zunächst dahin gerichtet sein, durch geeignete Infectionsversuche die Krankheit, die wir zu erforschen suchen, auf gewissermassen künstlichem Wege willkührlich an gesunden Pflanzen hervorzurufen.

Stehen uns Sporen oder Conidien des verdächtigen Pilzes zu Gebote, so haben wir diese nach vorgängiger Prüfung der Keimfähigkeit derselben zur Ausführung des Versuches zu verwenden. Fehlt es an keimfähigem Material, so ist, wenn möglich, durch künstliche Cultur im feuchten Raume das Reifen oder selbst die Entstehung von Fruchtträgern abzuwarten. Je nach dem Charakter der Krankheit erfolgt die Infection durch Ausstreuen auf die Blätter resp. in eine künstlich hergestellte Wunde der Wirthspflanze. Bei Rindenkrankheiten genügt ein feiner Schnitt mit der Spitze eines Scalpells, an der ein Tropfen Wasser mit darin suspendirten Sporen haftet, bei Erkrankungen

des Holzkörpers muss dieser verwundet werden und lässt man dann den sporenhaltigen Wassertropfen von der Holzwunde aufsaugen.

Bei Erkrankungen des Rinden- oder Holzkörpers sind in der Regel Mycelinfectionen weit sicherer. Nachdem man aus einem erkrankten Baume ein Stückchen Rinde von der Stelle entnommen hat, wo das Mycel noch jung und kräftig ist, also von der Grenze des todten und lebenden Gewebes, setzt man dieses an die Stelle eines ebenso grossen und ebenso geformten der Rinde eines gesunden Baumes entnommenen Rindestückchens. Man kann dabei auch ganz ähnlich, wie beim Oculiren der Rosen verfahren. Doch ist es im Allgemeinen besser, wenn die Ränder des pilzhaltigen Rindenstückchens genau mit den Rändern des unmittelbar zuvor angefertigten Rindenausschnittes zusammenpassen.

Man mag dann noch das vorzeitige Vertrocknen durch Bekleben mit Baumwachs oder anderweiten Verband zu verhindern suchen. Will man den Holzstamm durch Mycel inficiren, so entnimmt man mit Hilfe des Pressler'schen Zuwachsbohrers, der für solche Zwecke ganz vortrefflich sich eignet, einen Bohrspan von der Grenze des gesunden und kranken Holzes, da nur hier das im Holze enthaltene Mycel noch so wuchskräftig zu sein pflegt, dass es über die Oberfläche des Spanes hinauswächst, fertige dann mit demselben Bohrer ein Loch in den gesunden Baum, ersetze den aus diesem herausgezogenen Span durch den kranken und schliesse das Loch äusserlich durch Baumwachs.

Handelt es sich endlich um unterirdisch vegetirende Parasiten, dann genügt es in der Regel, wenn man eine erkrankte Pflanze in die nächste Nähe gesunder Exemplare derselben Art pflanzt, wobei man etwa noch in der Weise nachhelfen kann, dass man eine Wurzel des erkrankten Individuums mit ersichtlich noch lebendem, wachsthumfähigem Mycel in unmittelbare Berührung mit einer Wurzel der zu inficirenden Pflanze bringt.

Es wäre nun unrichtig, wenn man die Beantwortung der Frage, ob der fragliche Pilz wirklich Parasit sei oder nicht, von dem Gelingen eines oder weniger Infectionsversuche abhängig machen wollte. Man denke nur daran, von wie zahlreichen Factoren das Gelingen einer Saat oder Pflanzung bei unseren Waldbäumen abhängt, deren Lebensbedingungen uns doch einigermaassen bekannt sind. In der Regel wissen wir von den zu untersuchenden Pilzen aber fast noch nichts; wir kennen nicht die äusseren Bedingungen der Keimung, wissen oft kaum, ob die Sporen schon reif, ob sie zu feucht oder zu trocken gebettet sind, ob ihnen genügender Sauerstoff zugeführt wird, ob die Jahreszeit die richtige zur Aussaat war, da die Sporen ebenso verschiedene Zeiten der Ruhe nach dem Reifen gebrauchen, ehe sie keimen, wie die Samen unserer Waldbäume. Wenn es schon dem geübten Pilzforscher und Pathologen oft erst

nach zahllosen missglückten Versuchen gelingt, die Bedingungen kennen zu lernen, unter denen die Infection einer Pflanze vor sich geht, so wird es erklärlich werden, wie in der ungeschickten Hand eines Laien es geradezu als ein Zufall bezeichnet werden muss, wenn ihm einmal ein Infectionsversuch glückt.

Ist die Infection geglückt, dann handelt es sich nicht allein darum, den Verlauf der Krankheit durch die verschiedenen Stadien zu verfolgen, wobei selbstredend die Beobachtung der im Walde auftretenden Erkrankungen von grösster Bedeutung ist, sondern es ist noch zu erforschen, welche äusseren Einflüsse hemmend oder fördernd auf die Entwicklung der Krankheit einwirken.

Dieser Theil der Untersuchung ist der schwierigste, er beansprucht vor allen Dingen eine sehr geschärfte Beobachtungsgabe, die Berücksichtigung der anscheinend unbedeutendsten Nebenumstände und vor allen Dingen einen möglichst häufigen Besuch des Waldes. Die Erforschung der Krankheiten unserer Waldbäume wird selten zum Ziel führen, wenn wir nicht sorgfältige und ausgedehnte Beobachtungen und Untersuchungen im Walde selbst ausführen. Noch viel weniger Aussicht auf Erfolg hat allerdings die Beobachtung der Krankheiten im Walde, wenn sie nicht durch exacte wissenschaftliche Untersuchungen geleitet und unterstüzt wird.

Ergiebt die Untersuchung, dass weder Thiere noch pflanzliche Organismen die erste Ursache der Erkrankung sind, dann kann diese nur in Einflüssen der anorganischen Natur beruhen. Vermuthet man, dass ungünstige Eigenschaften des Bodens die Krankheit veranlassten, dann wird womöglich an der Stelle, wo ein erkrankter Baum steht, nach Rodung desselben ein Bodeneinschlag bis zu der Tiefe vorgenommen werden müssen, bis zu welcher die Wurzeln hinab gedrungen sind. Es ist dabei auf die Festigkeit und den Wassergehalt der Bodenschichten zu achten, insbesondere auf die grössere oder geringere Zugänglichkeit desselben zu der atmosphärischen Luft. Im Walde wird eine Veränderung im Gehalt an mineralischen Nährstoffen, welche so bedeutend ist, dass dadurch ein bisher gesunder Baum oder Bestand erkrankt, nur unter Verhältnissen eintreten, die dem sachkundigen Beobachter sofort auffallen. So kann z. B. Gipfeldürre nach Streurechen oder Blossstellung des Bodens eintreten, Erkrankung oder Tod kann durch Zufuhr schädlicher Stoffe aus Fabriken, durch Ueberfluthung mit Seewasser u. s. w. bedingt sein. Es wird eine chemische Untersuchung äusserst selten nothwendig werden, wie ja überhaupt bodenchemische Untersuchungen für den Forstwirth nur eine sehr geringe Bedeutung besitzen. Häufiger handelt es sich um Einflüsse der Atmosphärilien, vor allen der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit, der Niederschläge, des Blitzes, nachtheiliger Gase u. s. w. Lässt sich feststellen, wann die Krankheit zuerst auftrat, dann wird durch Einziehung von Erkundigungen

und durch Ermittelung der äusseren Verhältnisse oft schneller die Aufgabe zu lösen sein, als durch Untersuchung der erkrankten Pflanze. Oft wird aber auch diese zu dem gewünschten Ziele führen.

Im Allgemeinen sind die durch Thiere und Pflanzen erzeugten Krankheiten dadurch charakterisirt, dass diese zunächst an einigen Pflanzen oder Pflanzentheilen auftreten und sich dann successive ausbreiten, während jene in Einflüssen des Bodens oder der Atmosphäre begründeten Krankheiten, gleichmässig und gleichzeitig auf grösseren Flächen aufzutreten pflegen, da selten jene Einflüsse im Walde eng begrenzt und nur auf einzelne Pflanzen beschränkt zu sein pflegen.

Besonders interessant und schwierig wird die Untersuchung dann, wenn mehrere Factoren gleichzeitig ungünstig auf die Pflanze einwirkten und ist es dann dem Laien zu verzeihen, wenn derselbe, wie dies oft geschieht, nur eine und zwar in der Regel die augenfälligste Krankheitsursache ins Auge fasst. So kann z. B. ein Hagelschlag durch zahlreiche Verwundungen die Rinde verletzen, doch verwachsen meist in wenig Jahren diese Rindenwunden. Dienen jene Wunden den etwa vorhandenen Pilzparasiten als Eingangspforten, dann kann der schnelle Tod der Pflanze die Folge davon sein. Es mehren sich beständig die Fälle, in denen nachweislich Insecten und Pilze gemeinsame Arbeit verrichten und übernehmen bei diesen Compagniegeschäften die Insecten in der Regel Pförtnerdienste, indem sie zunächst durch ihre Fraswunden das Innere des Baumes den Pilzen zugänglich machen. Oft genug treffen wir auch an demselben Baume verschiedene Krankheitsursachen an, von denen jede für sich selbstständig arbeitet und darf man desshalb nicht sofort mit der Untersuchung aufhören, wenn man auch eine Krankheitsursache aufgefunden hat. Sehr oft begegnen wir z. B. in dem norddeutschen Flachlande verwüsteten Kiefernbeständen, in denen viele Bäume durch Trametes radiciperda getödtet sind. Eine genauere Untersuchung ergiebt dann oft, dass in demselben Bestande die Wurzelfäule in Folge mangelhaften Luftwechsels im Boden weit verderblicher eingetreten ist, als jener Wurzelparasit.

Nur die sorgfältigste Untersuchung, unterstützt durch gründliche Kenntniss der so mannigfach verschiedenen Erkrankungsformen, vermag uns vor Irrthümern zu schützen.

I. Abschnitt.

Beschädigungen durch Pflanzen.

Es kann nicht unsere Aufgabe sein, hier auf alle jene mannigfaltigen Beziehungen hinzuweisen, die der Kampf um's Dasein, der Kampf um den Raum, um Nahrung, Wasser und Licht sowohl zwischen ungleichartigen wie gleichartigen Pflanzen hervorruft. Jede Pflanze kann unter Umständen einer anderen nachtheilig werden, wenn sie mit dieser gleiche oder ähnliche Ansprüche an den Boden macht. Der Sieg zwischen zwei Concurrenten wird nicht allein entschieden durch die der Art eigenthümliche Schnellwüchsigkeit auf dem vorliegenden Standorte, sondern hängt in hohem Masse von der individuellen Wuchsgeschwindigkeit der Pflanzen ab und diese ist es, die im gleichartigen Bestande in erster Linie den Ausschlag giebt. Es ist eine altbekannte Sache, dass schon im jugendlichsten Lebensstadium, ja zuweilen, z. B. bei der Eiche schon in der Grösse der Früchte*) die individuelle Wuchskraft zum Vorschein tritt und dass es desshalb von der grössten Bedeutung ist, nicht nur bei der Auswahl der Samen mit Sorgfalt zu verfahren, sondern auch beim Verschulen und Verpflanzen alle Schwächlinge zu entfernen. Bei dichtem Pflanzenstande muss ein Kampf aller Gewächse mit ihren nächsten Nachbarn eintreten, ich halte es aber nicht für die Aufgabe der Pflanzenpathologie, auf diese Erscheinungen näher einzugehen, glaube mich vielmehr darauf beschränken zu sollen, nur diejenigen Beschädigungen näher zu betrachten, welche in directen Angriffen einer Pflanze auf Leben und Gesundheit einer anderen bestehen.

§ 5. Phanerogame Gewächse.

Eine scharfe Grenze zwischen solchen Pflanzen, die nur indirect, d. h. nur durch ihre Nähe und durch ihre Concurrenz im Genuss der Nährstoffe,

*) Von Th. Hartig ist dies schon vor 30 Jahren durch Versuche im Braunschweiger Forstgarten dargethan.

des Lichtes u. s. w. anderen Pflanzen schädlich werden, sowie andererseits den ächten Parasiten besteht nicht. Jenen ersteren reihen sich vielmehr solche Pflanzen an, welche ohne von der Substanz einer anderen zu leben, doch dieselben direct angreifen und an ihnen pathologische Erscheinungen hervorrufen.

Fig. 1.

Eichenstamm von Lonicera Periclymenum umwachsen. Der Stamm des Geisblattes ist am untern freien Ende *d*, ferner bei *e* und am oberen Ende bei *b* sichtbar. Unterhalb desselben ist das Cambium abgestorben *e*, die Neubildung hat nur in einer Spirale *f* stattgefunden. Bei *g* ist der Zuwachs wieder normal. Der ganze Stamm ist von *a* abwärts entrindet dargestellt.

Es sei z. B. auf Lonicera Periclymenum *) hingewiesen, deren Stämme gelegentlich junge Bäume umschlingen und dann einige Jahre später die Abwärtswanderung der Bildungsstoffe im Bastgewebe in eine begrenzte spiralige Bahn zwingen. Mit zunehmender Dicke des Baumes tritt bald ein directer Druck des Schlingstrauches auf denselben ein, und die Wanderung der Bildungsstoffe in senkrechter Richtung wird dadurch verhindert. Der unmittelbar unterhalb des Geisblattstammes befindliche Stammtheil wird oft gar nicht mehr ernährt und kann die dortige Cambialregion in Folge dessen allmälig absterben, während die oberhalb des passiv einschnürenden Geisblattstammes befindliche Baumregion einestheils einen sehr kräftigen Zuwachs zeigt, anderentheils sich in den jüngeren Theilen durch spiraligen Verlauf aller Organe der Gefässbündel abnorm verändert.

Unterliegt es auch keinem Zweifel, dass die nächste Ursache der Wanderung der Bildungsstoffe im Bastgewebe der Verbrauch dieser Stoffe am einen, die Erzeugung derselben am anderen Orte ist, wodurch eine Wanderung vom Orte der Entstehung zum Orte des Gebrauches hervorgerufen wird, so spricht doch neben vielen anderen Erscheinungen auch die vorliegende in Fig. 1 illustrirte Thatsache für die Annahme, dass die Bildungsstoffe im Bastgewebe des Stammes weit leichter und schneller abwärts wandern als seitwärts; ja dass die seitliche Bewegung so sehr erschwert wird, dass zuweilen die Ernährung des unter dem Geisblattstamme befindlichen Cambiumstreifens ganz aufhört.

*) Ich habe in diesem Lehrbuche von dem bisherigen Gebrauche abweichend die Autoren hinter den Pflanzennamen weggelassen. Eine Hinzufügung des Autors kann nur dann als nothwendig bezeichnet werden, wenn der Pflanzennamen allein zu Verwechselungen führen würde. Das Verdienst, eine neue Gattung ausgesondert oder eine neue Pflanzenart benannt zu haben, ist zu unbedeutend, um den häufigen Druck des betreffenden Autornamens zu rechtfertigen.

Zu den nicht parasitischen pflanzlichen Feinden gehört auch das Triticum repens. Wiederholt ist beobachtet worden, dass die Queckenrhizome mit ihren scharfen Spitzen die Wurzeln junger Eichen mechanisch durchbohren, und durch sie hindurchwachsen.

Den ächten Parasiten schliessen sich schon sehr enge die Loranthaceen an. Sie gehören noch nicht zu jenen im engeren Sinne des Wortes, da sie den Wirthspflanzen, auf welchen sie wachsen, keine oder doch nur geringe Mengen von Bildungsstoffen entziehen. Sie besitzen chlorophyllhaltige Blätter und verhalten sich zu ihren Wirthen ganz ähnlich, wie das Edelreis sich zum Wildlinge verhält, d. h. sie beziehen in der Hauptsache nur den Bedarf an Wasser und anorganischen Nährstoffen vom Baume. Für Loranthus europaeus wenigstens scheint es mir unzweifelhaft zu sein, dass die in der Mistelpflanze durch Assimilation entstandenen Bildungsstoffe nicht zum Wachsthum dieser allein verwendet werden, sondern auch zur Ernährung der Eiche dienen. Interessant ist nun, in welcher Form die beiden uns hier allein angehenden Vertreter der genannten Familie, nämlich Viscum album und Loranthus europaeus das Wasser und die mineralischen Nährstoffe des Wirthes sich aneignen, da hierbei die auffälligste Verschiedenheit hervortritt.

Viscum album, die weisse Mistel, Fig. 2—4; welche wohl auf allen unseren Laub- und Nadelholzbäumen vorkommt und nur auf der Eiche bisher noch nicht mit voller Sicherheit constatirt wurde[1]), findet ihre Verbreitung durch Verschleppung der Beeren durch die Drosseln und zwar vorzugsweise die Misteldrossel, Turdus viscivorus. Hält dieser Vogel seine Mahlzeit, so wischt er die dem Schnabel anhaftenden, von Theilen des klebrigen Fruchtfleisches noch umhüllten Samenkerne an dem Zweige ab, auf dem er gerade sitzt. Die festgeklebten Samen keimen in der Weise, dass das Würzelchen, welches sich der Rinde des Zweiges anlegt, durch Verlängerung der Epidermiszellen zuerst in eine Art Saugscheibe sich verbreitert, aus deren Mitte dann erst ein die Rinde des Zweiges durchbohrender feiner Fortsatz hervortritt, welcher bis zum Holzkörper vordringt, ohne jedoch in diesen hineinwachsen zu können. Da das Eindringen der Wurzel nur da möglich ist, wo die Rinde noch nicht von einer mächtigeren Korkhaut oder gar Borkeschicht bekleidet ist, so leiden im allgemeinen solche Holzarten, wie Weisstanne, Pappel u. s. w., deren Aeste und Zweige nur von zarter Korkhaut bekleidet sind, vorzugsweise durch die Mistel.

Die im ersten Jahre bis zum Holzkörper vorgedrungene Keimwurzel wird im zweiten Jahre zur ersten Senkerwurzel, mit welchem Namen man die im Holzkörper eingeschlossenen markstrahlartigen Organe der Nahrungsaufnahme

---

1) Nach einer mündlichen Mittheilung soll sie in Serbien auf der Eiche vorkommen.

bezeichnet, und zwar dadurch, dass ihre Spitze von den Holzschichten des neuen Jahrringes umwachsen und eingeschlossen wird, während gleichzeitig eine Verlängerung derselben in der Cambialregion des Astes erfolgt.

Gerade so, wie jeder Markstrahl da, wo er die Cambiumregion passirt, ein Markstrahlcambium besitzt, durch dessen Theilungsfähigkeit sich jährlich entsprechend der Verdickung des Holz- und Basttheiles auch der im Holze und der im Baste gelegene Markstrahl verlängert, ebenso wird der Senker durch ein in der gemeinsamen Cambialzone des Astes liegendes theilungsfähiges Gewebe befähigt, alljährlich sowohl nach innen, wie nach aussen hin um die Breite der neuen Holz- und Bastschicht sich zu vergrössern.

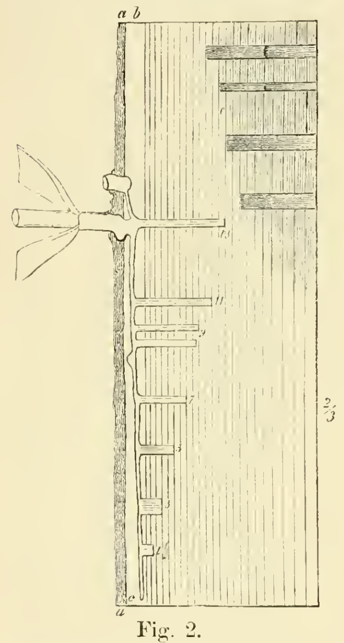


Fig. 2.

Wurzeln von Viscum album in Pinus silvestris. Die Rindenwurzel wächst mit ihrer Spitze *c* im Bastgewebe *b*, zeigt nach innen 8 Senker, nach aussen Wurzelbrutknospen und Ausschläge. Der älteste Theil der Rindenwurzel ist der todten Borkeregion *a a* schon nahe gerückt. Bei *e* sind Senker einer bereits in die Borkeregion eingetretenen Rindenwurzel.

Die zweite Wachsthumserscheinung an der nach der Keimung eingedrungenen Wurzel besteht in der Entwicklung einer Mehrzahl von Seitenwurzeln, die als sogen. Rindenwurzeln im jugendlichen Bastgewebe, jedoch ohne die Cambiumzone zu berühren, in der Längsrichtung des Astes fortwachsen. Es wird dies dadurch vermittelt, dass die pinselförmige, einer Haube entbehrende Wurzelspitze die in ihrer Bahn liegenden Bastorgane auflöst. Nach Messungen an einer Kiefer betrug das jährliche Längenwachsthum der Viscumrindenwurzel 0,75 cm, nach Messungen an Abies pectinata 1,2 cm. Entweder alljährlich oder auch wohl nur ein Jahr um das andere, selten in einem Jahre zweimal entsteht nahe der Spitze der Rindenwurzel Fig. 2 *c* auf deren Innenseite ein neuer Senker, der nun in der Folge genau dasselbe Wachsthum zeigt, das bereits für den ersten Senker ausführlich beschrieben wurde. Die noch in den letzten Jahren mehrfach reproducirte Abbildung der Mistelwurzeln von Schacht ist falsch, da nach dieser auch an älteren Theilen der Rindenwurzel Senker entstehen müssten. Die ganze Reihe der Senker, deren Alter, wie Fig. 2 zeigt, nach der Zahl der Jahresschichten, von welchen sie umwachsen sind, bestimmt werden kann, dient nun zur Aufnahme des Wassers und der rohen mineralischen Nährstoffe aus den ihren Breitseiten enge anliegenden leitenden Holzorganen.

Es ist zwar die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass auch gelöste

Bildungsstoffe gelegentlich mit aufgenommen werden, doch wäre deren Aufnahme nur eine nebensächliche, für die Lebensprocesse der Mistelpflanze nicht nothwendige.

Die von den Senkern aufgenommenen Stoffe werden der Rindenwurzel zugeführt, die als gemeinsamer Zuleitungsstrang derselben zu dem Stamm der Mistel dient.

Die Lebensdauer der Senker und der Rindenwurzel hängt fast allein von der Holzart und dem Eintritt der Borkebildung derselben ab.

Bäume mit lange Zeit glatt bleibender Rinde wie z. B. die Weisstanne besitzen zuweilen Senker von 10 cm Länge und 40jährigem Alter. Die gemeine Kiefer dagegen, deren äussere Bastschichten frühe der Borkebildung verfallen und absterben, während aus dem Cambium schneller Ersatz neuer Bastorgane stattfindet, zeigt selten Senker von mehr als 3—4 cm Länge und 12—15jährigem Alter. Dieser Zeitraum genügt, um die anfänglich sehr nahe der Cambiumzone verlaufende Rindenwurzel mit dem sie umgebenden Bastgewebe soweit nach aussen zu drängen, dass sie der Borkebildung verfallen. Fig. 2 lässt erkennen, wie die Rindenwurzel mit der Entfernung von ihrer Spitze (*c*) sich auch immer weiter vom Holzkörper entfernt, während Fig. 3 im Querschnitt eine Anzahl verschieden alter Rindenwurzeln mit und ohne Senkerdurchschnitt erkennen lässt. Die jüngsten Wurzeldurchschnitte liegen dem Holze sehr nahe, die ältesten stehen bereits in der todten Borke und sind vertrocknet und getödtet.

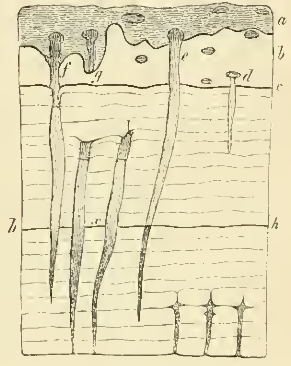


Fig. 3.
Querschnitt durch einen Stamm von Abies pectin mit Viscum album. *a* Todte Borke mit abgestorbenen Rindenwurzeln. *b* Lebendes Bastgewebe. *c* Cambialregion. *d* Durchschnitt einer Rindenwurzel mit 6jährigem Senker. *e* Desgleichen 18jährig. Die Rindenwurzel soeben in die Borkeregion eintretend. Die Spitze des Senkers im Kernholz vertrocknet. *f* Desgleichen. Die Rindenwurzel und der Basttheil des Senkers seit 2 Jahren todt. *g* Desgl Rindenwurzel seit 6 Jahren todt. *h h* Grenze zwischen Splint und Kern. *x* Zwei Senker, deren im Splint liegende Region noch lebend.

Mit dem Vertrocknen der Rindenwurzeln in der Borkeregion und wie es scheint nur in Folge hiervon hört deren Verbindung mit den Senkern und dann einige Jahre nachher auch das Leben der letzteren auf, doch gilt dies nur für den Theil der Rindenwurzel mit den zugehörigen Senkern, der bereits in der Borkeregion sich befindet. Es erfolgt somit zunächst der Tod des ältesten Theiles, während der jüngste Theil noch mehrere Jahre sich am Leben erhält. Fig. 2 zeigt im oberen Theil bei *e* eine Reihe alter abgestorbener Senker, deren Tod, wie ersichtlich, fünf Jahre auseinander liegt. Es ist dies wohl der beste Beweis, dass das Absterben der Wurzel ganz allein durch das Hinaustreten aus der lebenden Bastregion in die todte Borke herbeigeführt wird. Die von den Rindenwurzeln getrennten Senker bleiben noch

eine Reihe von Jahren scheinbar völlig frisch Fig. 3, werden aber schon nach wenigen Jahren durch die neuen Holzschichten eingeschlossen und sind dann nicht mehr nach der Entrindung äusserlich so erkennbar, wie dies auf der linken Seite des Fig. 4 dargestellten Tannenstammstückes noch der Fall ist.

Eigenthümlich und interessant ist das Vertrocknen und Absterben der noch functionirenden mit den Rindenwurzeln in Verbindung stehenden Senker von ihrer Spitze aus, d. h. von innen nach aussen fortschreitend (cf. Fig. 3 unterhalb *hh*). Es scheint mir zweifellos zu sein, dass dies lediglich Folge ist von dem Aufhören der Wasserleitungsfähigkeit der älteren Holzschichten. Wie ich durch demnächst zu veröffentlichende Untersuchungen festgestellt habe, enthält das äussere Splintholz der Fichte circa 60—70 $^0/_0$, das Kernholz dagegen nur 11—15 $^0/_0$ Wasser. Dies genügt nicht, die in letzterem eingeschlossenen Theile der Senker frisch zu erhalten, dieselben vertrocknen und bräunen sich bis zur Grenze der Splintregion.

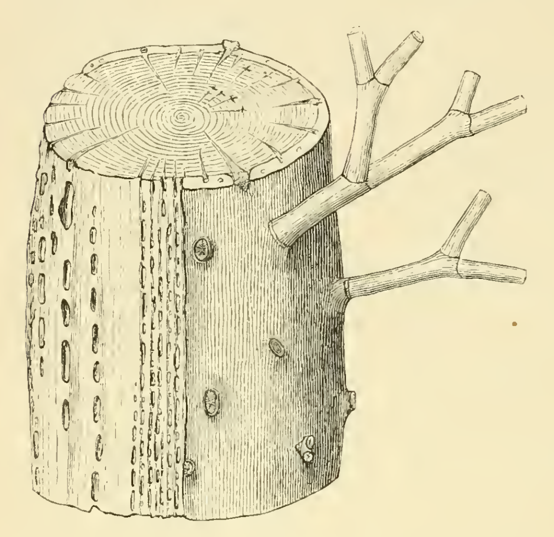


Fig. 4.
Weisstannenstammstück mit Viscum album-Bestand, auf der einen Seite entrindet, um den Verlauf der Rindenwurzeln und Senker zu zeigen.

Auf der Aussenseite der Rindenwurzel entstehen hier und da Wurzelbrutknospen, welche zu mehr oder weniger kräftigen Ausschlägen aus der Rinde sich entwickeln (cf Fig. 4 auf der berindeten rechtsgelegenen Seite, woselbst von den Ausschlägen nur zwei beim Vertrocknen sitzen geblieben sind). Geradeso wie der Abhieb einer Weisseller, Pappel u. s. w. Veranlassung zur Entstehung zahlreicher Wurzelausschläge bietet, ebenso dürfte das Absterben des ältesten Theiles einer Viscumrindenwurzel den Anstoss bieten zur Entstehung reichlicher Wurzelbrut an den noch lebenden, jüngeren Theilen derselben. Diese Ausschläge bewurzeln sich dann selbstständig und so entsteht im Laufe mehrerer Jahrzehnte von einer einzigen Mistelpflanze aus auf Stammoberflächen von mehr als 1 m Länge und $^1/_2$ m seitlicher Ausdehnung ein Mistelbestand, der durch Wurzelbrut sich immer wieder natürlich verjüngend den darunter befindlichen Holzkörper siebartig durchlöchert und völlig entwerthet.

Während wir im Walde kaum gegen die Mistel etwas unternehmen

können, ist es rathsam und nothwendig, in Parkanlagen, Obstgärten, an Landstrassen der weiteren Verbreitung derselben rechtzeitig durch Abschneiden der befallenen Zweige entgegenzutreten.

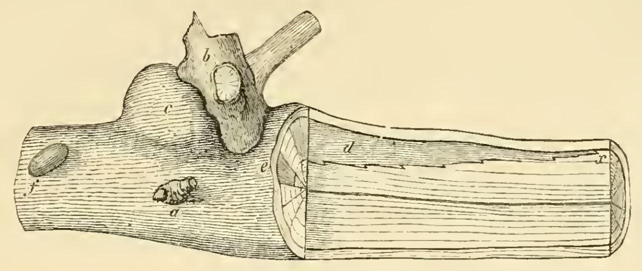


Fig. 5.
Loranthus europ. auf Zweig von Quercus Cerris.

Völlig verschieden von der Anheftungsweise des Viscum ist die der Eichenmistel Loranthus europaeus*). Letztere befällt Quercus Cerris, pedunculata und Robur und ausserdem nur noch Castanea vesca und hat sich in den Mittelwaldungen Oesterreichs, insbesondere im Wiener Walde dadurch sehr nachtheilig erwiesen, dass sie durch Tödtung der Gipfel das Höhenwachsthum der Eichenüberhälter beeinträchtigt. Die länglichen Samen Fig 5 *f* werden ebenfalls durch die Misteldrossel an die Zweige geklebt; ein junges im zweiten Lebensjahre stehendes Pflänzchen habe ich Fig. 5 *a* abgebildet, während bei *b* der unterste Stammtheil einer wahrscheinlich 5jährigen Pflanze von dem wulstförmig daran emporgewachsenen Gewebe der Eiche theilweise schon eingeschlossen ist. Die Pflanzen entsenden in der Regel nur drei kräftige Wurzeln stammabwärts dem aufwärts wandernden Wasser resp. Nährstoffe entgegen, Fig. 5 *e* im Durchschnitte, *d*—*x* im Längsschnitte dargestellt. Diese Wurzeln nehmen ohne Vermittelung von Senkern die Nährstoffe unmittelbar aus dem Holze auf und dies wird ermöglicht durch ein eigenthümliches Wachsthum.

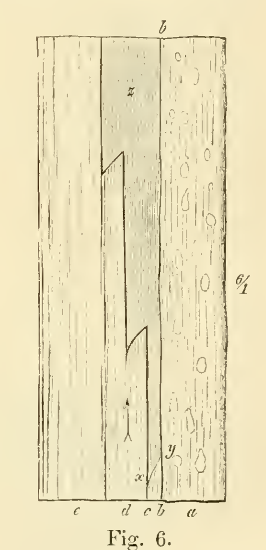


Fig. 6.
Jüngster Theil einer Wurzel von Loranthus europ. *a* Rinde und Bast. *b* Cambialregion. *cb* Jungholz. *d* Fertiges Holz des letzten Jahrringes. *e* Vorjähriger Holzring. *z* Loranthuswurzel. *x* Deren Spitze. *y* Der Ort, wo eine neue Wurzelspitze sich bildet.

Die einer Wurzelhaube entbehrende keilförmige Wurzelspitze Fig. 6 *x* wächst im cambialen Holzgewebe, dem sogenannten Jungholze Fig. 6 *c* und zwar stets parallel mit dem Längsverlauf der Holz-

*) R. Hartig, Zur Kenntniss von Loranthus europaeus und Viscum album mit 1 Tafel Zeitschrift für das Forst- und Jagdwesen 1876 Seite 321 ff.

elemente. Sie spaltet dieselben auseinander, übt dabei aber keinerlei nachtheiligen Druck auf die nach innen gelegenen Holzelemente aus, drängt vielmehr nur die nach der Bastseite abgespaltenen cambialen Organe zusammen, wobei diese getödtet und grösstentheils aufgelöst werden. Da die Wurzelspitze mit flacher Innenseite und gewölbter Aussenseite versehen ist, so erklärt sich aus dieser Keilform die vorerwähnte Wirkung in einfachster Weise. Dieselbe Spaltungsfläche kann von der Wurzelspitze nur so lange eingehalten werden, als die zu trennenden Organe in derselben Region noch jugendlich und unverholzt sind. Das Wachsthum der Wurzelspitze muss aufhören, sobald in Folge der Fortentwicklung des Jahrringes die in jener Wachsthumszone liegenden Elemente so alt und durch Verholzung so widerstandsfähig geworden sind, dass sie sich nicht mehr durch die Keilwirkung der Wurzel zerreissen lassen. Alsdann entsteht auf der Aussenseite dieser, also etwa bei *y* in Fig. 6 in einer Entfernung von $^1/_2$ — 1 mm hinter der gleichsam in einer Sackgasse steckenden Wurzelspitze eine neue, die nun im Cambium und Jungholze wieder so lange weiterwächst, bis sie abermals genöthigt wird, durch Bildung einer neuen Wurzelspitze die Cambialzone aufzusuchen. Es entstehen so alljährlich etwa drei treppenförmige Absätze einerseits auf der Innenfläche der Wurzel, anderseits damit correspondirend auf der Holzfläche Fig. 5 und 6, und diese Stufen sind es, woselbst Wasser und Nährstoffe direct in die Wurzel eintreten.

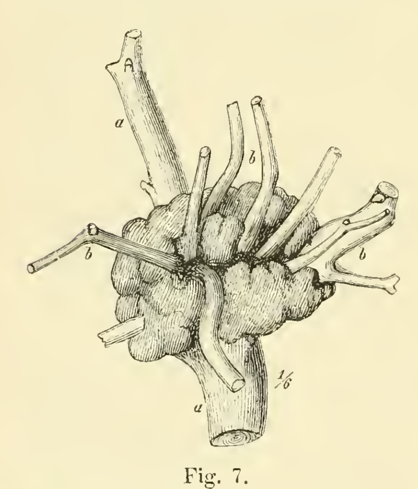


Fig. 7.
Maserkropf einer Quercus Cerris *a*, mit einer alten Loranthuspflanze *b b*.

Das Längenwachsthum der Mistelwurzel, das selbstredend nur zur Zeit der cambialen Thätigkeit des Eichenastes denkbar ist, beträgt jährlich etwa 1,5 cm, die Entfernung zweier Stufen 5—8 mm. Die Mistelwurzel verdickt sich alljährlich auf ihrer Aussenseite um die Breite des neuen Jahrringes. Selten schon nach 4 Jahren, meist erst nach 8 Jahren und später hört ihr Dickenwachsthum auf und sie wird nun, während der jüngste Theil der Wurzeln in der vorbeschriebenen Weise weiterwächst, von dem Holzkörper der Eiche überwachsen und eingeschlossen, ohne dass dies ihren Functionen oder ihrer Lebensfähigkeit Eintrag thut. Von solchen tief im Holze verborgenen Wurzeln können sogar Ausschläge gebildet werden, da zwischen ihr und der Rinde des Eichenastes radiale Verbindungen sich erhalten. Solche Wurzelausschläge entwickeln dann neue Wurzeln im Cambialgewebe

Derjenige Theil des Eichenastes, auf dem die Loranthuspflanze wurzelt, schwillt schon frühzeitig an Fig. 5 und können dadurch später Kröpfe bis zur Grösse eines Menschenkopfes entstehen Fig. 7, dagegen verkümmert der oberhalb dieser Stelle befindliche Eichenast sichtlich und stirbt nicht selten ganz ab. Allerdings tragen die Wurzeln und die unteren Stammtheile der Mistel wesentlich zur Bildung der maserartigen Anschwellungen bei, sicherlich dienen aber auch die in den sommergrünen Blättern der Mistel assimilirten Bildungsstoffe bei ihrem Uebergange in die Eichenpflanze zur Entstehung dieser abnormen Wuchssteigerung.

Ob in den Mittelwaldungen mit Eichenoberholz das Abschneiden der befallenen Zweige und Aeste überhaupt ausführbar oder wenigstens nicht zu theuer ist, vermag ich von vornherein nicht zu beurtheilen.

Die Cuscuteen*) sind chlorophyllose ächte Schmarotzer, die zwar vorwiegend nur auf krautartigen Gewächsen schädlich sind, doch auch oft genug auf Holzgewächsen gefunden werden, sodass eine kurze Erwähnung derselben hierher gehört. Sämmtliche Arten sind annuell, ihre Samen keimen im Frühjahr auf der Erde. Die jungen Pflänzchen gehen alsbald wieder verloren, wenn der lang fadenförmige Stengel nicht eine geeignete Wirthspflanze gefunden hat, in welchem Falle sie den Stengel derselben spiralig umwindet und in die Rinde zahlreiche Saugwärzchen, Haustorien genannt, einbohrt. Während die ursprüngliche, in der Erde haftende Wurzel verloren geht, ernährt sich die Seide dadurch, dass sie der umschlungenen Pflanze die Nährstoffe entzieht. Sind dies schwächere Pflanzen, dann können sie frühzeitig getödtet werden, grössere Pflanzen werden nur in der Entwicklung beeinträchtigt, an Holzgewächsen habe ich einen irgend beachtenswerthen Schaden noch nie bemerkt.

Die Cuscuteen verbreiten sich durch die zahllosen Samen, welche in den reichblüthigen kugelförmigen Blütheständen, die in geringen Abständen übereinander stehen, erzeugt werden. Die einzigen praktisch anwendbaren Mittel gegen den Parasiten bestehen in Verwendung seidefreien Saatgutes. Sodann ist aber auch die Vertilgung der so vielfach in Hecken und an Zäunen wuchernden Seidepflanzen vorzuschreiben. Dies sind die Standorte, wo wir am häufigsten und insbesondere auch an verschiedenen Holzgewächsen die Seide antreffen, und zwar in erster Linie Cuscuta europaea, die gemeine Seide. Sie schmarotzt auf fast allen Holzgewächsen so z. B. Corylus, Salix, Populus Prunus spinosa, dann insbesondere auf Humulus, Urtica, Galium. Die ge-

---

*) cf. Sorauer Handbuch. Seite 208 ff. Taf. III.
v. Solms-Laubach, Ueber den Bau und die Entwicklung parasitischer Phanerogamen, in Pringsheim. Jahrb. Bd. IV.

fährlichste Art ist dagegen die Kleeseide Cuscuta Epithymum, da sie vorzugsweise auf Klee und Luzerne schädlich wird. Neben zahlreichen anderen Wirthspflanzen z. B. Thymus, Genista, Calluna u. s. w. ist sie selbst auf Vitis gefunden worden. Cuscuta Epilinum ist vorzugsweise auf Linum usitatissimum angewiesen, andere Species treten seltener auf.

Es sei hier noch kurz erwähnt, dass noch zahlreiche andere chlorophylllose Phanerogamen auf den Wurzeln krautartiger Gewächse oder der Holzpflanzen schmarotzen. Sie sitzen mit ihren unterirdischen Rhizomen unmittelbar auf meist sehr kleinen Wurzeln ihrer Wirthspflanzen auf, diesen ihre Nahrung entziehend. Dahin gehören die Arten der Gattung Orobanche (Orobanche rubens auf Luzerne, Orobanche minor auf Rothklee, Or. ramosa auf Hanf und Tabak, Or. Hederae auf Epheuwurzeln.) Ganz ähnlich wächst Lathraea squamaria auf verschiedenen Laubholzbäumen, Monotropa auf Nadelholzwurzeln. Den Uebergang zu den selbstständig assimilirenden Pflanzen bilden zahlreiche grüne, im Boden wurzelnde Pflanzen, die nur mit einzelnen Haustorien den Wurzeln anderer Pflanzen anhaften, ihnen Nährstoffe entziehen, aber doch daneben in ihren grünen Blättern noch zu assimiliren vermögen. Dahin gehören die Gattungen Melampyrum, Rhinanthus, Pedicularis, Euphrasia, Thesium u s. w.

Kryptogame Gewächse.

§ 6. Unächte Parasiten.

Auch unter den kryptogamen Pflanzen giebt es solche, die, ohne Parasiten im engeren Sinne zu sein, durch ihre Angriffe direct nachtheilig für andere Pflanzen werden können. Als Repräsentant diene Thelephora laciniata, der zerschlitzte Warzenpilz*), dessen vegetativer Pilzkörper in den oberen Bodenschichten von humosen Bestandtheilen lebt, dessen Fruchtträger, wie Figur 8 zeigt, an den jungen Pflanzen emporwachsen. Sie schliessen Blätter, Nadeln und Zweige von unten auf so vollständig ein, dass diese ersticken und absterben. Die rostbraunen, ungestielten, mehr oder weniger zusammenfliessenden am Hutrande zerschlitzten Fruchtträger fand ich besonders oft in Fichten- und Tannen-, seltener in Rothbuchensaatbeeten bis zu einer Höhe von 20 cm vom Boden emporwachsend.

In weit geringerem Grade, aber doch aus ähnlichen Ursachen kann ein übermässiger Flechtenwuchs den Bäumen nachtheilig werden. Wo sich im Walde reichlicher Flechtenwuchs an den Stämmen und Zweigen findet, ist dies ein Symptom anhaltend feuchter Luft. Es steht aber auch in Beziehung

*) cf. R. Hartig in Unters. aus d. forstbot. Inst. I S. 164. Berlin 1880.

zu der Bodengüte und Schnellwüchsigkeit der Bäume, und ist es ja bekannt, wie Buchen auf den besten, zumal kalkreichen Böden glatte, flechtenarme Rinde, auf minderen, insbesondere auf sandigen Böden flechtenreiche Rinde zeigen. Ist das Dickenwachsthum einer Buche sehr schnell, dann muss auch das Periderm einer schnellen Neubildung unterworfen sein und die todten Korkzellen auf der Aussenseite der Rinde werden bald abschülfern und abgestossen werden. Eine belangreiche Flechtenentwicklung ist unmöglich. Bei sehr langsamem Dickenwachsthum werden die todten Korkzellen auch viel länger auf der Rinde verbleiben, es können sich somit zwischen ihnen die Flechten länger und kräftiger entwickeln, zumal selbstredend auch die Feuchtigkeit länger erhalten wird. Aehnliches gilt für solche Bäume, welche wie die Fichte die äusseren Peridermschichten als Schüppchen abstossen oder in späterem Alter die absterbenden Rindenschichten als Borkeplatten abwerfen. Je träger der Baumwuchs, um so langsamer ergänzen sich die äusseren todten Hautschichten, um so günstiger sind diese dem Flechtenwuchse. Ist somit der Flechtenwuchs mehr ein Symptom anhaltend feuchter Luft oder trägen Baumwuchses, so soll damit nicht behauptet werden, dass derselbe nicht in geringem Maasse dem Leben des Baumes nachtheilig werden kann. Im Sommer athmet der Baum auch an seinen älteren Stammtheilen durch Vermittelung zahlloser Lenticellen Sauerstoff ein, der zu den Processen des Stoffwechsels im Inneren unbedingt nothwendig ist. Wird nun durch einen dichten, üppigen Flechten- oder Mooswuchs der Zutritt des Sauerstoffes zu den Lenticellen der Rinde erschwert, so darf man annehmen, dass dies nicht ohne Nachtheil für den Baum ist. Es lässt sich darin wohl eine Erklärung finden für die Erscheinung, dass mit einem sehr üppigen Flechtenwuchse z. B. an Fichten und Lärchen das Absterben vieler Zweige der innern Krone verbunden zu sein pflegt.

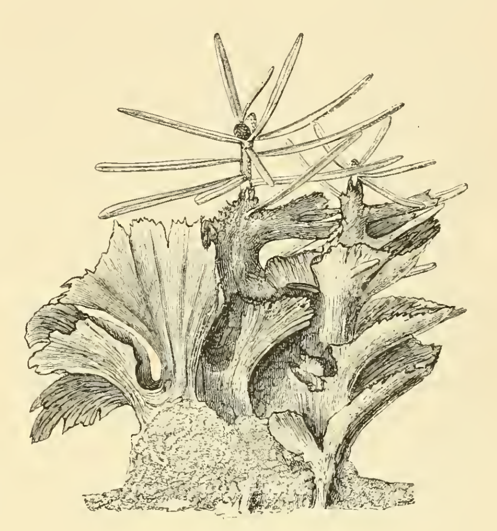


Fig. 8.
Thelephora laciniata

Als ächte Parasiten, soweit solche an den Bäumen und Sträuchern vorkommen, sind uns nur Pilze bekannt geworden.

Aechte Parasiten (Pilze).

§ 7. a) Allgemeines über Bau und Leben der Pilze.

Bevor ich die einzelnen Krankheitsprocesse, welche durch parasitische Pilze erzeugt werden, bespreche, dürfte es angemessen sein, eine allgemeine Betrachtung über Bau und Leben der Pilze vorauszusenden unter Hinweglassung aller solcher Thatsachen, die zum Verständniss der Pathologie nicht unbedingt nothwendig sind.

Die Pilze nehmen mit den Algen die niedrigste Entwicklungsstufe im Pflanzenreiche ein, insofern ihr Körper noch nicht soweit in der Arbeitstheilung vorgeschritten ist, dass an ihm Stamm und Blatt zweifellos morphologisch differenzirt erscheint. Wir nennen sie Lagerpflanzen, Thallophyten und bezeichnen als Lager oder Thallus den gesammten vegetativen Körper dieser Pflanzen. Pilze und Algen sind so nahe unter einander verwandt, dass nur das Vorhandensein oder Fehlen des Blattgrüns die Trennung derselben in zwei Pflanzenklassen veranlassen konnte, und da man bei den Phanerogamen das Fehlen des Chlorophylls als nebensächlichen Charakter bei der Ermittelung der natürlichen Verwandtschaft der Pflanzen erkannt hat, so ist von den meisten Autoren in der heutigen Systematik Abstand genommen von einer Eintheilung der Thallophyten in Algen und Pilze, vielmehr stellt man die chlorophyllhaltigen und chlorophylllosen Formen nebeneinander an die Stellen des Systems, wohin sie insbesondere nach dem Bau ihrer Sexualorgane gehören. Wie ich schon in der Einleitung erwähnte, hat man erkannt, dass die Flechten als solche keine einheitlichen Organismen sind. Es sind vielmehr Doppelwesen, die dadurch zu Stande kommen, dass verschiedene Algenspecies mit gewissen parasitischen Pilzen zu einem gemeinsamen Leben, zur „Symbiose“ sich verbinden, und die aus der Vereinigung beider Pflanzenarten hervorgehenden Pflanzenkörper jene charakteristischen Gestalten annehmen, die man mit dem Namen „Flechten“ zu belegen gewohnt ist.

Die unterste Entwicklungsstufe der chlorophylllosen Lagerpflanzen wird durch die Schizomyceten oder Spaltpilze eingenommen, durch jene mikroskopisch kleinen Pflanzenformen, bei denen noch keinerlei sexuelle Vorgänge erkannt sind und vermuthlich auch nicht vorkommen. Die Vermehrung dieser, aus einfachen Zellen, aus Zellreihen oder Zellgruppen bestehenden Pflänzchen geschieht durch Spaltung, doch entstehen unter gewissen Ernährungsverhältnissen in ihrem Innern auch kleine Zellen oder Sporen.

Diese kleinsten Organismen sind von der höchsten Bedeutung einerseits als Erreger der ächten Fäulnissprocesse, anderseits desshalb, weil sie es vor-

zugsweise sind, deren Lebensprocessen die ansteckenden Krankheiten der Thiere und Menschen zuzuschreiben sind. Für die Krankheitsprocesse der Pflanzen kommen sie durchaus nicht in Frage, ja ich habe Spaltpilze überhaupt noch niemals im Inneren eines geschlossenen Pflanzengewebes angetroffen, und mit den fälschlich sogenannten Fäulnissprocessen der todten Pflanzengewebe haben sie nichts zu thun. Es ist selbstredend damit nicht ausgeschlossen, dass sie überall da, wo sie zu todter pflanzlicher Substanz leichten Zutritt finden, auch an deren Zerstörung theilnehmen. Offenbar ist ihnen das Innere der Pflanzen schon deshalb schwer zugänglich, weil diesen die offenen Strombahnen fehlen, welche ihnen bei den Thieren die schnelle Verbreitung mit dem Blute ermöglichen. Auch der Umstand, dass die im Verhältnisse zur Grösse des Spaltpilzes meist sehr dicke Wandung der Pflanzenzellen stickstofffrei ist, muss der Wanderung der Spaltpilze von einer Zelle zur anderen hinderlich sein. Endlich wird aber auch die Entstehung von Humussäuren im todten Pflanzengewebe der Vermehrung der Spaltpilze im Wege stehen. Es scheint, einige wenige Fälle (Chytridiaceen) ausgenommen, die Verbreitung der Pilze im Pflanzengewebe lediglich durch die auflösende Thätigkeit der Mycelfadenspitze bedingt zu sein. Im Gegensatze zu den Spaltpilzen und den durch Sprossung sich vermehrenden Gährungspilzen haben die höheren Pilze mit wenigen Ausnahmen (Myxomyceten und Chytridiaceen) ein deutliches, fädiges Mycelium und davon morphologisch verschiedene Fortpflanzungsorgane. Man hat die höheren Pilze nicht ganz passend neuerdings „Schimmelpilze" genannt.

Unter Mycelium verstehen wir denjenigen Theil der Pilzpflanze, welcher die Nährstoffe aufnimmt und bearbeitet, er repräsentirt also den vegetativen Theil der Pflanze, Wurzel, Stamm und Blatt in sich vereinend. An dem Mycelium entstehen früher oder später die Fortpflanzungsorgane, die entweder den Knospen der höheren Pflanzen entsprechen und dann Brutzellen oder Conidien genannt werden oder den in den Blüthen der Phanerogamen befindlichen Fortpflanzungszellen (Pollenkorn und Embryosack) analog sind und Sporen heissen.

Die Fortpflanzungszellen entstehen nun in der Regel nicht unmittelbar aus dem Mycelium, sondern an oder in mehr oder weniger charakteristisch und oft massig entwickelten Fruchtträgern.

Diese Fruchtträger sind es, die von dem Laien so oft für die ganze Pilzpflanze gehalten werden, und zwar desshalb, weil das aus reich verzweigten mikroskopisch kleinen Fäden bestehende Mycelium entweder in den oberen Schichten des Erdbodens oder im Gewebe der Pflanze versteckt ist und nicht bemerkt wird. Um eine Vorstellung von dem Wesen des vegetativen Theiles einer Pilzpflanze, des sogen. Mycelium zu erhalten, werfe man einen Blick auf Taf. II Fig. 2, woselbst aus einer keimenden Spore sich ein zartwandiger

Schlauch entwickelt hat, welcher sich an der geschlossenen abgerundeten Spitze (durch Spitzenwachsthum) vergrössert. Mehr oder weniger entfernt von der Spitze entstehen durch seitliche Aussprossung Verästelungen und da auch diese in der Folge wieder seitlich auszusprossen vermögen, so nimmt die Pilzpflanze nach kurzer Zeit eine Gestalt an, die dem Bilde eines Stromes mit den gesammten Nebenflüssen ähnlich sein würde, wenn nicht die Dicke der einzelnen Fäden (Hyphen) kaum von einander verschieden wäre.

Das Innere der Pilzfäden oder Hyphen bleibt zwar bei manchen Arten völlig ungetheilt, in der Regel bilden sich aber in einiger Entfernung von der Spitze Querwände, durch welche der Innenraum in Kammern eingetheilt wird. Eine solche Hyphe nennt man dann „septirt". Der Inhalt derselben besteht in der ersten Jugend aus meist farblosem Plasma erst in einer gewissen Entfernung von der Spitze treten Körnelungen ein, die vorwiegend der Bildung von Fetttröpfchen zuzuschreiben ist. Oft füllen sich die Mycelzellen mit grossen Fetttropfen, und zwar vorzugsweise dann, wenn das Mycel Ruhezustände annimmt, in denen es bis zu späteren Vegetationsperioden verharrt, ähnlich wie die Kartoffelknolle sich mit Reservestoffen anfüllt, die erst im nächsten Jahre zu Neubildungen verwendet werden sollen. Nicht selten ist das Oel gefärbt, insbesondere giebt die goldgelbe Farbe des Oels vieler Rostpilze den Blatt- oder Rindengeweben, in denen das Mycel wuchert, eine gelbe Färbung. Im Plasma treten auch meist sehr bald Zellsafttropfen sogen. Vacuolen auf, welche das Plasma zum grossen Theil an die Wand drängen und dadurch dem Inhalt ein schaumiges Ansehen geben.

Nur dann, wenn reiche Stickstoffnahrung vorhanden ist, also in Mycelien, welche zwischen oder in dem vorwiegend aus parenchymatischen Zellen bestehenden Rinden-Bast- oder Blattgewebe der Pflanzen vegetiren, erhält sich der Inhalt der Hyphen lange Zeit, er verschwindet dagegen frühzeitig, wenn das Mycel in sehr nahrungsarmem Gewebe, also insbesondere im Holzkörper der Bäume vegetirt. Verbreitet sich ein Pilzmycel im Inneren eines Baumes, dann findet dasselbe im Inhalte der Markstrahlzellen, sowie der Zellen des Holz- oder Strangparenchyms reichliche Stickstoffnahrung, es entwickelt kräftige Hyphen, (cf. Taf. IV Fig. 11), wenn es auch im inhaltslosen Lumen der Tracheiden, Holzfasern oder Gefässe fortwächst. Die Spitzen der Hyphen werden gleichsam von rückwärts mit Plasma versehen, während sie proteinfreie Gewebstheile zu passiren haben. Das Plasma wandert hinter der Spitze her und zwar auf Kosten der älteren Hyphentheile, die sich bald entleeren und mit Luft füllen. Die leeren Mycelhyphen erhalten sich zwar noch eine Zeit lang, werden aber unter dem zersetzenden Einflusse des Pilzes selbst wieder aufgelöst und findet man desshalb oft nichts mehr von dem Pilze, während doch zahlreiche Bohrlöcher in den Wandungen der Zellen zweifellos darthuen, dass derselbe

früher in dem Gewebstheile vorhanden gewesen ist. In demselben Maasse, als in einem Holzkörper das Mycel sich vermehrt, steigert sich der Proteinmangel zur Erzeugung neuen Pilzplasmas und dies giebt sich in der abnehmenden Dicke der neu entstehenden Pilzhyphen in auffallendster Weise zu erkennen, cf. Taf. IV Fig. 11, 12, 13.

Die Wandung der Pilzhyphen, aus Pilzcellulose bestehend, ist anfänglich sehr zart, erreicht aber mitunter nachträglich eine Dicke, dass das Lumen fast völlig verschwindet. Es wird dadurch ein aus solchen dickwandigen Hyphen bestehender Pilzkörper zuweilen steinhart. Umgekehrt verwandelt sich die Wandung ganz oder nur in ihrem äusseren, seltener inneren Theile in eine Gallerte und gewisse Wandungszustände z. B. der Hypodermahyphen, der Askenspitzen von Rosellinia quercina färben sich dann durch Jod so blau, wie das Stärkekorn.

Anfänglich sind die Pilzhyphen fast immer farblos, in späterem Alter nimmt die Wandung recht oft eine heller oder dunkler braune Färbung an, seltener sind andere Farben z. B. die blaugrüne der Peziza aeruginosa, welche die sogenannte Grünfäule todten Eichen- oder Buchenholzes veranlasst. Zuweilen beschränkt sich die Färbung nur auf die äusseren oder inneren Wandungsschichten.

Das durch seitliche Aussprossung sich verästelnde, durch Spitzenwachsthum vergrössernde Mycel bleibt in der Regel ein einfach fädiges, d. h. die Mycelfäden bleiben isolirt und verwachsen höchstens hier und da, wo sie sich gerade kreuzen. Vegetirt dasselbe äusserlich auf Blättern, Früchten u. s. w. wie z. B. bei den Mehlthaupilzen (Erysiphe), dann nennt man es epiphytisch; vegetirt es im Inneren der Pflanzen, ist es also endophytisch, dann wächst es entweder, die Wandungen durchbohrend, von Zelle zu Zelle, ist somit intracellular oder es wächst zwischen den Zellen, ist intercellular und sendet dann, in der Regel ähnlich den meisten Epiphyten kurze Zweige, Saugwarzen oder Haustorien (cf. Taf. I Fig. 4 *c*, Taf. II Fig. 5, 6) genannt, in das Innere der Zelle, um aus diesem die Nahrung zu entnehmen.

Oftmals vereinigen sich zahlreiche Fäden zu feineren Strängen, in denen die einzelnen Hyphen nur hier und da mit ihren Nachbaren verwachsen cf. Taf. VIII Fig. 13 wie bei den sogenannten Rhizoctonien, oder es füllen sich Höhlen und Spalten im Inneren des Baumes mit wirrem, verfilztem Mycel an, wie bei Polyporus sulphureus, Hydnum diversidens cf. Taf. VII Fig. 2.

Sehr eigenthümlich sind gewisse Mycelkörper, die sog. Rhizomorphen gebaut, insofern die strangförmig oder bandartig vereinten Pilzhyphen völlig mit den Nachbarhyphen verschmelzen, während von den im Centrum dieses Stranges liegenden Zellen durch Aussprossung eine filzige Hyphenmasse das sogen.

Mark gebildet wird. Die Rhizomorphen dienen dem Pilze zu schneller Wanderung theils im Erdboden, theils im Inneren lebender oder todter Bäume.

Aehnliche Bedeutung, wie den Knollen und anderen Rhizomen höherer Pflanzen ist den sogen. Sclerotien zuzuschreiben. Es sind eigenartig gebaute Mycelmassen, in denen reiche Vorräthe an Nährstoffen besonders als Plasma und Oel niedergelegt sind, und die oft lange Zeit ruhend, beim Eintritt günstiger Bedingungen keimen und dann entweder neues fädiges Mycel oder zunächst Fruchtträger des betreffenden Pilzes hervorbringen.

Die einfachste Form solcher Dauermycelkörper wird durch die Zellnester der Cercospora acerina Taf. XI Fig. 6 dargestellt; es schliessen sich daran die Sclerotien der Rosellinia quercina Taf. VIII und die allgemein bekannten Sclerotien der Claviceps purpurea, das sogenannte Mutterkorn.

Verlassen wir hiermit den zur vorläufigen Orientirung wohl ausreichenden Ueberblick über den vegetativen Theil der Pilzpflanze und werfen nunmehr einen Blick auf die Fortpflanzungsorgane derselben, so vermeide ich es gerade im Interesse der Anfänger auf dem Gebiete der Pilzforschung, tiefer mich einzulassen in eine Besprechung der wissenschaftlich so hoch interessanten Vorgänge der sexuellen Befruchtung. Wer sich für diese Fragen interessirt, den verweise ich vorzugsweise auf die bezüglichen Arbeiten de Bary's. Es soll hier meine Aufgabe nur die sein, in möglichst einfacher Darstellung auf die wichtigsten Momente hinzuweisen, die zum Verständniss der Vermehrung und Fortpflanzungsvorgänge der Pilze dienen.

Zunächst habe ich zu dem Zwecke auf die mit Ausnahme der niedrigsten Organismen im ganzen Pflanzenreich auftretende Erscheinung des Generationswechsels hinzuweisen. Verfolgen wir den Entwicklungsgang einer Pflanze durch alle Phasen, dann erkennen wir, dass sich derselbe in zwei gesonderte Abschnitte zertheilen lässt. Am Ende des ersten Lebensabschnittes bilden sich an der Pflanze Sexualorgane und nennen wir diesen Lebensabschnitt die geschlechtliche Generation der Pflanze. Dadurch, dass die weibliche Zelle den Inhalt der männlichen ganz oder nur theilweise in sich aufnimmt, also durch den Befruchtungsvorgang wird ein zweiter Lebensabschnitt eingeleitet, der mit der Entstehung von Zellen abschliesst, die keimen und neue Pflänzchen erzeugen können, ohne zuvor befruchtet zu sein. Diese Zellen nennen wir Sporen und die Generation, welche mit der Erzeugung von Sporen abschliesst, nennen wir die geschlechtslose Generation der Pflanze. Wenn die Sporen keimen, so entstehen daraus Pflänzchen, die wiederum mit der Erzeugung von Sexualorganen abschliessen u. s. w. Die ganze vorstehend kurz skizzirte Erscheinung nennt man den Generationswechsel.

Als Beispiel wähle ich die Rosellinia quercina. Die erste, also die ge-

schlechtliche Generation beginnt mit der Keimung der Sporen Taf. IX Fig. 31. Es entsteht das so mannigfaltig verschiedene, auf Taf. VIII dargestellte massig entwickelte Mycel. Auf den Mycelfäden treten zuletzt hier und da Sexualorgane auf, wie sie Taf. IX Fig. 5 u. 6 dargestellt sind. Hiermit schliesst die geschlechtliche Generation ab. In Folge der Befruchtungsprocesse entstehen nun die auf Taf. IX entwicklungsgeschichtlich dargestellten schwarzen Kugeln, in deren Inneren endlich Sporen sich bilden und die geschlechtslose Generation abschliessen. Die Gestalt, in welcher der Pilz während beider Lebensabschnitte auftritt, ist gewiss denkbar verschieden, die schwarzen kugelförmigen Früchte repräsentiren die geschlechtslose Generation der Pflanze, das vielgestaltige Mycelium dagegen die geschlechtliche Generation.

Die vorstehend dargestellte Vermehrungsweise ist nun aber nicht die einzige, vielmehr können sich gerade so, wie die höheren Pflanzen durch Knollen, Zwiebeln und andere Knospenbildungen sich vermehren lassen, auch die niederen Pflanzen durch Brutzellen noch vermehren, wie jene durch Stecklinge, so können diese durch Mycelbruchstücke oder allgemeiner gesagt, durch kleine Theile ihres Thallus sich vervielfältigen. Die Brutzellen oder Conidien erzeugen durch ihre Keimung immer wieder dieselbe Generation, der sie entsprossen sind, gerade so, wie ein Steckling oder Pfropfreis die Charaktere des Individuums, dem es entnommen war, beibehält, die ächten Sporen dagegen bezeichnen das Ende einer Generation, und wenn sie keimen, so beginnt damit ein neuer Lebensabschnitt, es entwickelt sich stets die geschlechtslose Generation der Pflanze aus ihnen. Taf. IX Fig. 35, 36 zeigt die Conidien der geschlechtslosen Generation von Rosellinia und deren Entstehung auf Conidienträgern. Die beiden Lebensabschnitte sind bei den niedrigsten Pilzformen, auch bei denen mit deutlichen Sexualorganen noch nicht scharf von einander getrennt. Es prävalirt die geschlechtliche Generation in ihrer Entwicklung bedeutend gegenüber der ungeschlechtlichen, die bei den Peronosporen noch kaum hervortritt, während bei den höheren Pflanzen z. B. schon den Farren die geschlechtslose, Sporen erzeugende Generation zu colossaler Mächtigkeit sich entfaltet.

Nebenbei kann man als Regel betrachten, dass die Sporen mehr der Fortpflanzung von Jahr zu Jahr dienen, während die Conidien innerhalb derselben Vegetationsperiode durch schnelle und massenhafte Vermehrung die Verbreitung des Pilzes resp. einer Epidemie vermitteln. Sie dienen der Regeneration und Propagation einer und derselben Entwicklungsform des Pilzes

Die Gestalt der Fruchtträger, in oder auf welchen die Sporen entstehen, sowie die der Conidienträger ist eine ungemein mannigfache je nach der Pilzspecies und ist hier nicht der Ort, hierauf näher einzugehen. Im speciellen Theile wird hinlänglich Gelegenheit sein, dieselbe zu besprechen.

Ich gehe nun über zu einer kurzen Darstellung der Lebensweise und Lebensbedingungen der Pilze. Gerade so verschiedenartig wie bei den Sämereien der Phanerogamen die Dauer der Keimfähigkeit, die Abhängigkeit der Keimung von äusseren Factoren gestaltet ist, ebenso sehen wir bei den Sporen und Conidien nach Pilzart verschieden die Keimfähigkeit entweder sofort nach der Reife oder nach einer langen Sporenruhe eintreten.

Anderseits geht z. B. bei den Conidiensporen der Rostpilze die Keimfähigkeit schon wenige Tage nach der Reife wieder verloren, während die Eisporen der Phytophthora omnivora mindestens vier Jahr lang im Boden ruhen können, ohne dieselbe einzubüssen.

Die Ansprüche an die Wärme sind nicht so gross, wie diejenigen, welche die höheren Pflanzen erheben, wir sehen desshalb noch im Spätherbst die üppigste Pilzvegetation eintreten zu einer Zeit, in welcher die Vegetation der Bäume bereits eingeschlafen ist. Nützlich ist den Pilzen eine höhere Temperatur ebenso wie anderen Pflanzen, ja ihr Wärmeerträgniss geht im Allgemeinen viel höher hinauf. Für diejenigen Pilze, die uns hier angehen, sind aber Temperaturen über 100 ^{0} C. zweifellos immer tödtlich.

Ein ungemein wichtiger Factor für das Leben der Pilze ist der Feuchtigkeitszustand der Luft oder des Substrates, in welchem sich dieselben entwickeln. Es erklärt sich dies nicht allein aus dem grossen Wasserbedarfe, sondern viel mehr noch aus der Leichtigkeit, mit welcher die Pilzmycelien oder jugendlichen Fruchtträger in trockner Umgebung durch übermässige Verdunstung vertrocknen. Nur sehr selten wird es desshalb dem Pilzmycel möglich, sich in freier Luft zu entwickeln, die Fruchtträger, welche meist ausserhalb des Pflanzenkörpers ihre Sporen ausstreuen müssen, werden desshalb bei allen Rost- und Brandpilzen, ja auch bei sehr vielen Scheibenpilzen unter dem Schutze der Oberhaut des Wirthes gebildet, die dann erst nach der Sporenreife durchbrochen wird.

In wie hohem Maasse die Entwicklung der ganz ausserhalb des Substrates sich entfaltenden Fruchtträger von beständiger Luftfeuchtigkeit abhängt, das ist am besten daran zu erkennen, dass ja im Sommer trotz günstigster Temperatur weit weniger sogenannte „Schwämme“ dem Boden entwachsen, als in dem durch grosse relative Luftfeuchtigkeit ausgezeichneten October. Die colossale Verbreitung, welche der Lärchenpilz, Peziza Willkommii im deutschen Flachlande gefunden hat, erklärt sich fast ausschliesslich durch die reiche Entwicklung völlig ausgereifter Früchte und Sporen in der feuchteren, zumal stagnirenden Luft der geschlossenen Niederungsbestände, während in der Zugluft der Alpen die Früchte fast stets vertrocknen, ehe sie reif geworden sind.

Die Luftfeuchtigkeit ist nicht allein bestimmend für das Reifen der Früchte und für das Keimen der Sporen ausserhalb der Pflanze, sondern scheint auch

von grossem Einflusse zu sein auf die Entwicklung der Pilze im Inneren der Pflanzen selbst. Die Thatsache, dass das in den Trieben der Kiefer perennirende Caeoma pinitorquum geradezu verheerend auftritt, wenn der Monat Juni regnerisch ist, umgekehrt kaum erkennbaren Schaden bei trockenem Wetter anrichtet, berechtigt mindestens zu dieser Annahme. Dagegen muss ich eine früher*) ausgesprochene Annahme auf Grund neuerdings von mir ausgeführter Untersuchungen**) berichtigen. Das Aufhören des Pilzwachsthums im Rindengewebe während des Sommers bei infectiösen Rindenkrankheiten glaubte ich einer Verminderung im Wassergehalt der Gewebe zuschreiben zu sollen, herbeigeführt durch starke Verdunstung im Sommer. Nun ergiebt sich aber, dass gerade umgekehrt der Wassergehalt in allen Geweben, sowohl des Holz- als Rindenkörpers im Sommer grösser ist wie zu anderen Jahreszeiten; es bleibt somit nur die bereits von mir angedeutete zweite Annahme übrig, dass es die Lebensprocesse im Cambium und Bastgewebe seien, welche dem Weiterwachsen des Pilzmycels hindernd entgegentreten.

Nach der Art der organischen Nährstoffe unterschied man früher ziemlich scharf zwischen Parasiten, d. h. solchen Pilzformen, die nur von lebenden Organismen ihre Nahrung entnehmen und Saprophyten oder Fäulnissbewohnern, welche nur von todten Substanzen zu leben vermögen.

Eine scharfe Grenze zwischen Parasiten und Saprophyten lässt sich aber nicht ziehen. Zwar giebt es zahlreiche Parasiten, z. B. die Rostpilze, Brandpilze, viele Peronosporeen, die nur ein parasitäres Leben führen und in der Regel alsbald zu Grunde gehen, wenn die von ihnen bewohnten Gewebstheile absterben. An sie schliessen sich aber aus der Gruppe der Kernpilze und Scheibenpilze viele Parasiten an, die nebenbei noch als Saprophyten leben. Als solche bezeichne ich beispielsweise die Nectrien, die vielleicht sämmtlich unter Umständen auf todten Pflanzentheilen sich entwickeln können, die in künstlichen Nährlösungen, in Objectträgerculturen zu kräftiger Entwicklung gebracht werden können. Im ruhenden Gewebe lebender, völlig gesunder Pflanzen besitzen diese Pilze die Fähigkeit, sich schnell und kräftig zu entwickeln, sie verbreiten sich von einer Wundstelle aus schnell im gesunden Gewebe, werden aber in der Weiterentwicklung unter Umständen gestört, wenn mit steigender Temperatur die Zellen Lebensthätigkeit zeigen. Es gilt dies insbesondere für die im Cambialgewebe sich verbreitenden Arten, während die im Holze wachsende Nectria cinnabarina den ganzen Sommer hindurch sich zu verbreiten vermag. Schon 1873 habe ich ferner den zweifellosen Nachweis geliefert, dass Agaricus melleus, dessen Mycel in Gestalt von Rhizomorphen überall, selbst in Brunnen-

*) Untersuchungen aus dem forstb. Institut I, Seite 76.

**) Untersuchungen aus dem forstb. Inst. II. (Erscheint demnächst).

röhren, am Holzwerke der Bergwerksschachte u. s. w. ein saprophytisches Leben führt, gelegentlich einen parasitären Charakter annimmt und lebende Bäume in kurzer Frist tödtet.

Zahlreiche Polyporusarten siedeln sich nur dann im Holze der Bäume an, wenn diese abgestorben sind, sie sind ächte Saprophyten. Bei sehr vielen habe ich dagegen experimentell nachgewiesen, dass selbst im jüngsten Splintkörper völlig gesunder Bäume das Mycel von der Infectionsstelle aus sich verbreitet, dass wir es also mit ächten Parasiten zu thun haben. Manche Polyporusarten wachsen aber mit Vorliebe in dem Kernholze der Bäume und das Vorrücken in den Splint geschieht so langsam, dass man zu der Annahme genöthigt wird, derselbe sei ihnen weniger zugänglich, als das Gewebe des Kernholzes, in welchem einestheils die Saftleitung ganz oder grösstentheils aufgehört hat, andererseits die Lebensprocesse in den parenchymatischen Zellen zur Ruhe gekommen sind. Es bestehen hier allem Anscheine nach Abstufungen von dem zweifellosesten Parasitismus, der keinerlei Rücksicht auf die Unterschiede des Splint und Kernholzes nimmt, bis zu dem echten Saprophytismus, und ist es sehr schwer, im gegebenen Falle die Rolle eines im Holze lebender Bäume auftretenden Pilzes klar zu erkennen. Auch im verbauten Holze ist die Wirkung der darin vegetirenden Pilze eine sehr verschiedene. Merulius lacrymans, der Hausschwamm zerstört das Holz in kurzer Zeit, während andere Saprophyten nur langsam und unter besonders günstigen Verhältnissen ihre Wirkung ausüben.

Eine scharfe Grenze zwischen Parasiten und Saprophyten existirt also nicht, vielmehr giebt es viele in der Mitte stehende Pilze, welche für gewöhnlich als Saprophyten leben, unter ganz bestimmten äusseren Verhältnissen aber einen parasitären Charakter annehmen oder nur in ruhenden, wenn auch übrigens völlig gesunden Geweben sich zu entwickeln vermögen.

Blicken wir nun auf die Beziehungen der Parasiten zu den übrigen Pflanzen insbesondere den Holzpflanzen hin, so haben wir zunächst die Mittel zu betrachten, deren sich die Parasiten bei ihrer Verbreitung und Infection bedienen.

Die Verbreitung einer infectiösen Krankheit kann in zweifach verschiedener Weise vor sich gehen, nämlich entweder durch Mycelinfection oder durch Sporen resp. Conidieninfection.

Die Mycelinfection kommt in der Natur nur vor bei unterirdisch wachsenden Parasiten, da die wechselnde Luftfeuchtigkeit eine oberirdische Mycelentwicklung ausserhalb der Pflanze nur ausnahmsweise zu Stande kommen lässt.

Bei der unterirdischen Mycelinfection ist es gewissermaassen ein und dasselbe Pilzindividuum, welches sich von Wurzel zu Wurzel weiter verbreitet und

ausdehnt, es ist desshalb ein solches Fortschreiten der Erkrankung in einem Waldbestande ein relativ langsames, dafür aber, wenigstens bei dichtem Pflanzenstande in der Regel dadurch charakterisirt, dass alle oder die meisten Individuen innerhalb des localen Verbreitungsbezirkes erkranken. Es entstehen dadurch allmälig, zuweilen erst im Laufe der Jahrzehnte grosse Lücken im Holzbestande, denn es kann dasselbe Pilzindividuum sich innerhalb dieser Zeit über Flächen von vielen Ar Grösse ausdehnen.

Bei Trametes radiciperda, dem gefährlichsten Feinde der Fichten- und Kiefernbestände ist Contact der kranken, pilzhaltigen Wurzel mit der gesunden Wurzel eines Nachbarbaumes nöthig, wenn das zwischen den Rindenschüppchen hervortretende Mycel in letztere hineinwachsen soll. Bei Agaricus melleus entspringen den kranken Wurzeln Mycelstränge in Gestalt der Rhizomorphen, die dann nach verschiedenen Richtungen unter der Oberfläche der Erde fortwachsend die ihnen auf ihrem Wege begegnenden Wurzeln gesunder Nadelholzbäume umklammern, mit ihrer conisch geformten Spitze zwischen die Rindenschuppen eindringen, diese absprengen und in das lebende Gewebe sich einbohren.

Bei Rosellinia quercina, dem Eichenwurzeltödter ist es das zarte fädige, hier und da zu Rhizoctonien zusammentretende Mycel, welches bei feuchtwarmer Witterung von der erkrankten Pflanze aus in den oberen Bodenschichten sich verbreitet und in der später ausführlicher zu schildernden Weise die Wurzeln der Nachbarpflanze ergreift und tödtet. Dadurch, dass das Mycel an den Eichenwurzeln Dauermycel in Gestalt kleiner rundlicher Sclerotien bildet, wird der Parasit befähigt, sein durch vorübergehende Bodentrockniss oder durch Kälte unterbrochenes Wachsthum wieder fortzusetzen.

Die Verbreitung eines Parasiten durch Sporen und Conidien ist nicht, wie die Mycelinfection auf die nächsten Nachbaren beschränkt, wenn diese auch der Ansteckungsgefahr am meisten ausgesetzt sind, es können vielmehr durch sie weit entfernt stehende Bäume inficirt werden, während nahe benachbarte Individuen gesund bleiben. Wie mannigfach verschiedene Verhältnisse hierbei maassgebend sind, wie insbesondere die Verschleppung durch Thiere und Menschen das Auftreten einer Epidemie bedingen kann, werden wir im speciellen Theile hervorzuheben haben. Hier mögen einige Beispiele auf diese Verhältnisse hinweisen.

Der Buchenkeimlingspilz entwickelt in Folge vorhergegangener sexueller Befruchtung im Inneren der Keimpflanzen Sporen, hier speciell Eisporen genannt; diese gelangen in den Boden, können dort eine Reihe von Jahren ruhen und erzeugen aufs Neue die Krankheit, wenn sich geeignete Keimpflanzen dort entwickeln. Daneben erzeugt der Parasit aber auch zahllose Conidien auf der Aussenseite seiner Blätter und diese, sofort keimfähig, werden

zwar auch durch den Wind auf die Nachbarpflanzen geführt, wie ich gezeigt habe, aber vorzugsweise durch Thiere und Menschen verschleppt, so dass in Folge davon neue Infectionsheerde sich bilden.

Das Auftreten neuer Infectionsheerde der Trametes radiciperda, welche ihre Fruchtträger, wenigstens bei der Fichte, fast immer nur unterirdisch und zwar in Höhlungen zur Entwicklung gelangen lässt, dürfte vorzugsweise der Verschleppung im Pelzwerk der Mäuse zuzuschreiben sein.

Der Getreidebrand entsteht in der Regel dadurch, dass man Saatgut benutzte, welchem äusserlich Bandsporen anhafteten, kann aber auch durch den Stalldünger veranlasst werden, wenn brandiges Stroh zum Unterstreuen benutzt worden ist.

Höchst interessant gestalten sich diese Verhältnisse bei den heteröcischen Rostpilzen, d. h. bei den parasitischen Pilzen, welche ihre verschiedenen Entwicklungsphasen nicht auf derselben, sondern auf zwei verschiedenen Pflanzenarten durchleben. Es sei hier nur auf den Zusammenhang des Berberitzenpilzes und des Getreiderostes, des Fichtenblasenrostes und des Alpenrosen- und Kienporstpilzes, des Weisstannenblasenrostes und des Preisselbeerpilzes hingewiesen. Das Auftreten der Krankheit ist bei diesen Parasiten durch die Gegenwart beider Wirthspflanzen bedingt, doch hat de Bary zunächst für den Alpenrosenpilz nachgewiesen, dass dieser im Nothfalle auch ohne Fichte bestehen kann und scheint es mir zweifellos zu sein, dass der Preisselbeerpilz auch ohne Weisstanne auszukommen vermag. Für eine Reihe von Rostpilzen kennen wir nur das eine oder andere Entwicklungsstadium und bleibt noch zu ermitteln, mit welchen anderen Pilzformen dieselben im Zusammenhange stehen.

Auch die Angriffsweise der Parasiten bietet die mannigfachsten Verschiedenheiten dar. Während die Epiphyten, deren Mycel äusserlich auf der Epidermis der Blätter, Früchte und Stengel vegetirt, nur zarte Saugorgane in das Innere der Oberhaut senden, müssen die Endophyten die Keimschläuche ihrer ausserhalb keimenden Sporen oder ihre entwickelten Mycelien in das Innere der Pflanzen einbohren.

Man kann nach der Angriffsart zwei grosse Gruppen unter ihnen bilden, von denen die erste solche Parasiten umfasst, die unverletzte Pflanzen angreifen können, während die zweite Gruppe nur an schon vorhandenen Wundstellen einzudringen vermag, also die infectiösen Wundkrankheiten erzeugt. Die Ersteren sind theilweise auf sehr jugendliche Entwicklungsstadien der Pflanze oder der Triebe und Blätter und Wurzeln angewiesen, seltener dringen ihre Pilzkeime auch in die Spaltöffnungen und Lenticellen älterer Blätter und Stengel ein. Nur sehr kräftige Mycelbildungen, wie die des Agaricus melleus und der Trametes

radiciperda bohren sich auch in verkorkte Hautschichten ein, indem sie zwischen die Borkeschuppen der Wurzel eindringend diese auseinander drängen.

Zu den interessantesten Vorgängen dieser Art gehört die Angriffsweise der Rosellinia quercina.

Die Hauptwurzel der jungen Eiche ist durch einen ziemlich derben Korkmantel gegen Angriffe von aussen geschützt, das Mycel der Rosellinia vermag somit nur dadurch in das Innere zu gelangen, dass es zunächst die feinen Seitenwurzeln tödtet und, da diese jene Korkschicht durchsetzen, gleichsam eine Bresche in den schützenden Korkmantel legt. Da, wo die Seitenwurzeln den Korkmantel durchsetzen, entwickelt sich das Mycel zu fleischigen Knollen, die dann einen oder mehrere Zapfen durch die Bresche in das Innere der Wurzel hineintreiben. Erst an der Spitze dieser Zäpfchen bildet sich einige Zeit darauf das verderbliche fädige Mycel cf. Taf. VIII Fig. 7, 8.

Verwundungen, welche dem Parasiten Eintritt in das Bauminnere gewähren, entstehen in mannigfacher Weise durch Thiere und Menschen, durch Hagelschlag, Windbruch, Schneedruck u. s. w., auf welche Verhältnisse hier nur hingewiesen werden mag.

Die Wirkungen, die von den Parasiten auf die Gewebe der Wirthspflanzen ausgeübt werden, lassen sich nur erklären durch die Annahme einer jeder Pilzart eigenthümlichen Fermentsubstanz, die im Pilzplasma gebildet, von den Hyphen ausgeschieden wird und den benachbarten Zellen sich mittheilt.

Recht oft vegetirt das Mycel in lebenden parenchymatischen Geweben, ohne die geringste erkennbare Veränderung in diesen hervorzurufen, zumal wenn die Zellen bereits in den Dauerzustand übergegangen waren, als das Mycel in oder zwischen sie hineinwuchs.

Das Mycel der Calyptospora übt auf die fertigen Gewebe der Preisselbeere gar keine ersichtliche Wirkung aus, veranlasst dagegen in noch sehr jugendlichen Trieben eine Vergrösserung der Parenchymzellen der Rinde, die zu höchst auffälligen Anschwellungen des Stengels führt. cf. Taf. II.

Beschleunigung der Zellvermehrung gehört zu den häufigen Folgen der Pilzwirkung. Es rühren daher die Stammanschwellungen der Weisstanne, in deren Rindengewebe Aecidium elatinum wuchert, ferner die Stammanschwellungen der Wachholderstämme (Gymnosporangium) u. s. w. Häufiger noch werden die bewohnten Pflanzentheile zu abnormen Wachsthumserscheinungen angeregt; so z. B. die von Schinziaarten bewohnten Wurzeltheile. Blüthen, Früchte und Stengeltheile verschiedener Pflanzenarten werden durch Pilze aus der Gattung Exoascus ganz eigenartig umgewandelt, ohne immer in ihrer Lebensdauer dadurch beeinträchtigt zu werden (Hexenbesen der Weissbuche etc.).

Ersichtliche Veränderungen des Zelleninhaltes können oft auf indirectem Wege durch Pilze veranlasst werden, so z. B. durch das Mycel des Hypoderma macrosporum, wenn solches die Bastorgane an der Basis der Fichten-Nadel bereits getödtet und damit deren Leitungsfähigkeit für Bildungsstoffe vernichtet hat, während der übrige Theil der Fichtennadel noch lebend und assimilirend ist. Es füllen sich dann alle Zellen strotzend mit Stärkemehl an, da ja die neu gebildeten Kohlenhydrate nicht aus dem Blatte entführt werden können.

Directer Nahrungsentziehung ist das Verschwinden des Gerbstoffes aus dem Holze der Eiche zuzuschreiben. Während im gesunden Eichenholze reichlich Gerbstoff zu finden ist, verschwindet letzterer zuerst und am leichtesten unter der Pilzwirkung. Gerbstoff ist eine vortreffliche Pilznahrung, wird von den in das gesunde Eichenholz eindringenden Pilzhyphen zuerst aufgenommen und schon in den jüngsten Theilen des Mycels verarbeitet und umgewandelt. Mit dem Auftreten von Pilzmycel im Eichenholze verschwindet desshalb auch der Gerbstoffgeruch, der längst für den Praktiker als Beweis der gesunden Beschaffenheit des Holzes gegolten hat.

Interessant ist auch die Umwandlung eines Theiles des Zellinhaltes, wie der Zellwandungen unter der Einwirkung der Hyphen von Peridermium Pini in Terpentinöl.. Während oftmals, z. B. bei der Buchenkeimlingskrankheit die Stärkekörner aus dem Zelleninhalte sehr bald verschwinden, widersteht die Stärke dem zersetzenden Einflusse verschiedener Holzparasiten oft länger, als die dicken verholzten Wandungen der Zellen, in denen sie lagern. Im Uebrigen ist die Zersetzungsart der Stärkekörner nach Art der Pilze, die auf sie einwirken, ungemein verschieden. Dasselbe gilt für die Zellwandungen. Jeder parasitische Pilz, welcher im Holzkörper lebender Bäume sich verbreitet, hat eine ihm eigenthümliche Art der Holzzerstörung, wofür die Tafeln III—VII einen klaren Beweis liefern, und wenn eine und dieselbe Pilzspecies z. B. Polyporus sulphureus in ganz verschiedenen Baumarten z. B. Eiche, Weide und Lärche vegetirt, so wandelt sie in kurzer Zeit den Holzkörper so gleichartig um, dass es auf den ersten Blick schwer hält, die genannten im gesunden Zustand so auffällig verschiedenen Holzarten von einander zu unterscheiden. Es lässt sich dies nur durch den Einfluss eines ungemein kräftigen, und für die Pilzspecies charakteristischen Fermentes genügend erklären.

Das ausgesonderte Ferment durchdringt die Wandungen auf grössere Entfernung hin und löst in vielen Fällen zunächst nur die incrustirenden Substanzen auf.

In nebenstehender Fig. 9 ist der obere Theil der Wandungen noch verholzt, während der untere Theil aus reiner Cellulose besteht. Die Mittellamelle, die am meisten verholzt ist, löst sich nach dem Verschwinden des Lignin am frühesten auf und dadurch werden die einzelnen Organe völlig isolirt, ähnlich

wie dies bei Behandlung gesunden Holzes mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure geschieht. Die Pilzhyphen durchbohren mit ihrer auflösenden Spitze die Wandungen, verschwinden aber später wieder, indem sie selbst der Auflösung anheimfallen. Zahlreiche Löcher in den Wandungen verrathen deren frühere Gegenwart. Mehrere Holzparasiten, z. B. Polyporus mollis und sulphureus veranlassen eine Zersetzung, durch welche die Wandung mit Ausschluss der Mittellamelle so stark schwindet, dass zahlreiche von rechts nach links aufsteigende Spalten in derselben entstehen. Selbstredend sieht man bei einer gewissen Einstellung des Mikroskopes gleichzeitig die ebenso aufsteigenden Spalten der Wandungshälfte, die der Nachbarfaser angehört, so dass eine scheinbare Kreuzung der Spalten zu Stande kommt. Die Wandungen sind gebräunt und sehr kohlenstoffreich. Fig. 10. Auf die anderweiten, für jede Pilzart charakteristischen Zersetzungsformen werden wir im speciellen Theile aufmerksam zu machen haben. Es sei hier nur noch bemerkt, dass die Frage, ob alle organischen Bestandtheile der Holzwandung vor ihrem Zerfall in Kohlensäure und Wasser zuvor vom Pilzmycel aufgenommen sein müssen, oder ob dieselben theilweise direct mit Sauerstoff zu Kohlensäure und Wasser oxydiren können, noch nicht zu beantworten ist. Die Schnelligkeit der Zersetzung hängt bei der grossen Menge von Sauerstoff, die dabei verbraucht werden muss, in hohem Grade von dem Zutritte der Luft zu dem Bauminneren ab. Ein gewisser Vorrath an Luft ist in jeder Holzfaser vorhanden. Bei Laubhölzern würde man die fernere Zuleitung durch die Gefässe und Intercellularräume sich erklären können, bei den harzführenden Nadelholzbäumen durch die Harzkanäle, bei der Weisstanne und anderen Nadelholzbäumen ohne Harzgänge bleibt die Art der Luftzufuhr zu inneren Baumtheilen noch unerklärt. Beachtenswerth ist, dass ich an lebenden Weisstannen nur da Holzzersetzungen fand, wo diese von grösseren Wundflächen ausgehend der Luft selbst den Zutritt ins Bauminnere ermöglichen. Es wäre mithin wohl denkbar, dass das seltene Auftreten parasitischer Holzpilze bei Weisstannen durch den Mangel der Luft zuführenden Organe resp. Gänge sich erklärte. Die entstehende Kohlensäure kann auf demselben Wege ent-

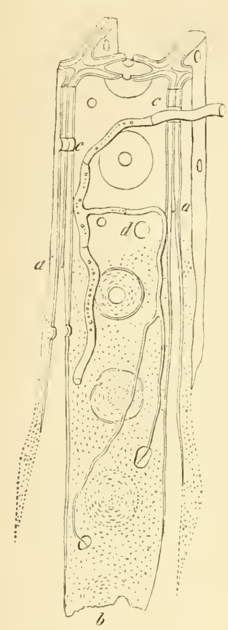


Fig. 9.

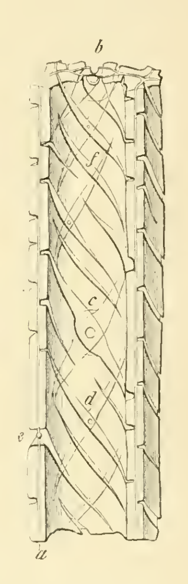


Fig. 10.

weichen, auf dem der Sauerstoff zugeführt wird. In wie weit Kohlensäure oder Sauerstoff im Wasser gelöst die Wanderung vollziehen können, ist noch festzustellen.

In welcher Weise die Verbreitung und Wirksamkeit der Pilze von einer Krankheitsanlage, einer sogenannten Prädisposition der Wirthspflanzen abhängig ist, habe ich in der Einleitung Seite 7 näher zu entwickeln versucht.

Es bleibt mir nun zum Schlusse meiner allgemeinen Besprechung noch die Frage zu erörtern übrig, ob und welche Mittel uns zu Gebote stehen, den Beschädigungen durch Pilze entgegenzutreten. Ich bin der Ueberzeugung, dass jeder wissenschaftlich gebildete Forstmann mit vollstem Interesse Kenntniss nehmen würde von der Aufklärung über das Wesen und die Ursachen der Baumkrankheiten auch dann, wenn es nicht möglich sein sollte, denselben in der Praxis entgegen zu treten. Ist es doch durchaus nicht die Aufgabe der Wissenschaft, zunächst die Gedanken zu lenken auf eine praktische Verwerthung der gefundenen Wahrheiten oder wohl gar die Forschung in erster Linie solchen Gebieten zuzuwenden, auf denen in baarem Gelde zu berechnende Ergebnisse in Aussicht stehen. Die Aufgabe der Wissenschaft ist eine edlere und höhere. Kommen wir aber in unserem Streben, die Geheimnisse der Natur zu ergründen, nebenbei auch zu Ergebnissen, deren Verwerthung im Nutzen der Menschheit liegt, dann haben wir die Pflicht, auf diese hinzuweisen. Ich habe dies nie versäumt, und wenn ich auch die vielfachen Hindernisse nicht unterschätze, welche dem ausführenden Beamten noch lange Zeit im Wege stehen werden, wenn er die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung in der Praxis zu verwerthen gedenkt, so bin ich doch der Ansicht, dass die Forstwirthe, als Pfleger des Waldes die Verpflichtung haben, von den Ergebnissen der wissenschaftlichen Forschung Kenntniss zu nehmen; sie sind die Aerzte des Waldes, sie sollen mit Sorgfalt die Gesundheit ihrer Pflegebefohlenen überwachen und nicht allein alles thun, was die Entstehung von Krankheiten zu verhindern vermag, sondern sie sollen auch sofort energische Mittel ergreifen, um eine entstehende Krankheit im Keime zu ersticken und deren Weiterverbreitung zu verhindern.

Es kann hier nicht näher auf eine Darstellung der Maassregeln eingegangen werden, denn diese sind für jede Krankheit selbstredend verschieden, aber gerade so, wie es gewisse allgemeine Vorschriften und Verhaltungs-Maassregeln giebt, deren Befolgung zur Erhaltung der menschlichen Gesundheit rathsam erscheint, so giebt es auch allgemeine Maassregeln für die Behandlung der Waldungen, durch deren Befolgung wir deren Gesundheit schützen können.

Die beste prophylactische Maassregel gegen Entstehung und Verbreitung von Epidemien ist Erziehung gemischter Waldbestände. Unterirdische und oberirdische Ansteckung wird dadurch am meisten beeinträchtigt,

wenn jeder Baum durch andersartige Nachbarbäume gleichsam isolirt wird. Wechsel der Holzart auf Böden, welche von Wurzelparasiten eingenommen sind oder in denen Dauersporen von vieljähriger Lebenszeit ruhen, kann unter gewissen Umständen gerathen erscheinen. Vorsicht zur Vermeidung der Einschleppung von Pilzsporen durch Menschen und Thiere insbesondere beim Handelsverkehr mit jungen Bäumchen ist geboten.

Die therapeutischen Maassregeln nach Ausbruch einer Krankheit werden, wenn es sich um Wurzelparasiten handelt, theilweise im rechtzeitigen Ausreissen oder Ausroden der erkrankten Pflanzen, theils in Isolirung des inficirten Terrains durch schmale Stichgräben bestehen. Als gemeinsame und wichtigste Maassregel ist aber die sofortige und schleunige Entfernung aller pilzkranken Pflanzen aus dem Walde zu rathen, damit nicht von ihnen aus die Ansteckung durch Sporen ausgehen kann. Sauberkeit im Walde ist Vorbedingung für die Gesundheit desselben.

Nachdem vorstehend die wichtigeren allgemeinen Gesichtspunkte zusammengestellt sind, welche beim Studium der parasitischen Pilze ins Auge zu fassen sind, werde ich dem Plane dieser Schrift entsprechend nachfolgend nur die auf Holzgewächsen auftretenden Parasiten in systematischer Reihenfolge vorführen. Nur solche auf landwirthschaftlichen oder gärtnerischen Culturpflanzen schmarotzende Pilze, die eine allgemeinere, praktische Bedeutung erlangt haben, werde ich kurz erwähnen. Im Uebrigen muss ich demjenigen, der einen Ueberblick auch über die in dieser Schrift nicht aufgeführten Pflanzenparasiten sich zu verschaffen wünscht, auf das Handbuch von Frank verweisen.

§ 8. **Peronosporeae.**

Die Peronosporeen gehören sämmtlich zu den ächten Parasiten, die in völlig gesunden Pflanzen vegetiren und dieselben ganz oder nur die von ihnen bewohnten Theile derselben tödten. Sie besitzen ein Mycelium, das schlauchförmig und in der Regel, doch keineswegs immer einzellig, d. h. unseptirt ist. Wächst dasselbe in parenchymatischem Gewebe (Taf. I Fig. 4, 5), so ist es meist intercellular und entnimmt alsdann seine Nährstoffe den Zellen durch grössere oder kleinere Saugwarzen, Haustorien, welche in das Zelleninnere hineinwachsen. Das im Gewebe vegetirende Mycel entsendet theils durch die Spaltöffnungen, theils die Oberhaut durchbohrend zahlreiche Hyphen an die Luft, an welchen in verschiedenartiger Weise Conidien durch Abschnürung entstehen, Taf. I Fig. 6 und 7.

Diese Conidien fallen leicht ab und werden theils durch den Wind fortgeführt, theils auf andere Weise verschleppt. Sie geben Veranlassung zur schnellen Verbreitung der Krankheit im Laufe derselben Vegetationsperiode.

Bei sehr vielen Peronosporen sind auch Sexualprocesse aufgefunden

worden, die fast stets im Gewebe der Pflanzen vor sich gehen und darin bestehen, dass weibliche Sexualzellen, Oogonien genannt, durch männliche Antheridien, die in das Innere der Ersteren einen Befruchtungsschlauch eindringen lassen, befruchtet werden, Taf. I Fig. 22, 23, 24, in Folge dessen sich eine Eispore, Oospore, im Inneren des Oogonium bildet.

Die Eisporen, welche mit dem getödteten Gewebe schliesslich in die Erde gelangen und nach völliger Zersetzung der umschliessenden Zellengewebe frei werden, dienen dazu, im nächsten Jahre oder noch später die Krankheit neu entstehen zu lassen, wenn geeignete Wirthspflanzen daselbst keimen und mit ihnen in Berührung treten. Die Eisporen werden desshalb auch wohl Dauersporen genannt. Sie keimen entweder direct oder entwickeln zunächst in der einen oder anderen Weise kleine Schwärmsporen, welche in die Oberfläche der Wirthspflanze ihren Keimschlauch einbohren.

Die zu den Peronosporeen gehörende Gattung Phytophthora enthält die einzige bisher auf Holzgewächsen bekannt gewordene Art.

Phytophthora omnivora Syn: Phytophthora Fagi*) und Peronospora Sempervivi.

Taf. I.

Die Krankheit, welche dieser Parasit hervorruft, ist schon vor 100 Jahren als Buchenkeimlingskrankheit in der forstlichen Literatur erwähnt worden und dürfte keinem in Buchenrevieren wirthschaftenden Forstmanne unbekannt geblieben sein. Sie tritt fast jedesmal, wenn nach einem Buchensamenjahre reichlicher Aufschlag sich einfindet, durch ganz Deutschland auf und zwar um so verheerender, je regnerischer der Monat Mai und Juni sich gestaltet. Wenn ich von dem vereinzelt beobachteten Vorkommen desselben Parasiten auf Sem-

*) Dieser Parasit ist zuerst von mir im Jahre 1875 unter dem Namen P. Fagi in der Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen Seite 117—123 beschrieben, eine ausführliche Bearbeitung der Entwicklungsgeschichte desselben und der durch sie erzeugten Krankheit habe ich in den Untersuchungen aus dem forstbot. Inst. 1880 Seite 33—57 unter Beigabe der Taf. I gegeben. Unter dem Namen P. Sempervivi ist derselbe Pilz von Schenk im Jahre 1875 also gleichzeitig mit mir beschrieben. Zur Erledigung der Prioritätsfrage hat de Bary (Beiträge zur Morph. u. Phys. der Pilze 1881 S. 22) den Namen Phyt. omnivora eingeführt. Ich acceptire diesen neuen Namen, da es mir vor allen Dingen darauf ankommt, für den Parasiten eine Bezeichnung zu wählen, mit der sich keine falschen Vorstellungen verbinden. Nachdem ich in jüngster Zeit beobachtet habe, dass derselbe auch an Ahorn, Fichte, Kiefer, Lärche und Tanne Krankheiten erzeugt, glaube ich, dass omnivora besser gewählt sei, als Fagi. Im Gegensatze zu vielen Systematikern der Neuzeit, welche aus Prioritätsrücksichten althergebrachte Namen mit anderen nie in der Wissenschaft zur Geltung gekommenen des vorigen Jahrhunderts vertauschen, bin ich der Ansicht, dass der Name nicht des Autors, sondern des wissenschaftlichen Publicums wegen existirt.

pervivum, Cactus, Clarkia und anderen Pflanzen des botanischen Gartens zu Strassburg absehe, bleibt dessen Auftreten im Jahre 1880 und 1881 im Garten des forstbot. Inst. zu München an Picea excelsa, Abies pectinata, Pinus silvestris, Pinus Laricio, Pinus Strobus und Larix europaea, sowie auf Acer platanoides und Pseudoplatanus von hervorragend praktischem Interesse. Selbstredend erkrankten resp. starben nur junge Keimpflanzen, diese aber in sehr auffälligem Grade. Die Erscheinungen der Krankheit, d. h. das Verfaulen der Wurzeln, das Umfallen oder Vertrocknen der jungen Nadelholzkeimlinge sind mir in früheren Jahren öfters aufgefallen, ohne dass ich im Stande war, dieselben zu erklären. Sicherlich wird also die Krankheit durch ganz Deutschland auch in Saaten der genannten Nadelholzarten auftreten und von vielen Forstwirthen beobachtet sein.

Die Krankheit äussert sich an den Buchenkeimlingspflanzen dadurch, dass diese entweder schon während der Keimung im Boden von dem Keimwürzelchen an schwarz werden Fig. 2 und absterben oder erst nach der Entfaltung der Samenlappen am Stengel oberhalb und unterhalb oder am Grunde dieser selbst dunkelgrün und missfarbig werden Fig. 1 *a*, *b*, oder derartige Flecken auf den Samenlappen Fig. 1 *c*, oder den ersten Laubblättern Fig. 1 *d*, erkennen lassen. Bei anhaltend feuchtem Wetter greift diese Fäulniss schnell um sich und die ganze Pflanze fällt in sich zusammen, bei trockenem Wetter werden die Pflanzen rothbraun und trocken, wie von Feuer versengt. Junge Ahornpflänzchen zeigen ähnliche Krankheitssymptome, insbesondere gehen oft von der Basis der Samenlappen aus tiefschwarze Striche am Stengel auf- oder abwärts. Oft wird nur die Spitze des Stengels mit den Blättern geschwärzt und erholt sich dann die Pflanze, wird dagegen der untere Stengel befallen, so geht die Pflanze zu Grunde. In Nadelholzrillensaaten geht oft schon ein grosser Theil zu Grunde, bevor die Pflänzchen sich über die Bodenoberfläche erhoben, haben, meist verfault die Wurzel und der Stengel und die jungen Pflanzen fallen um oder vertrocknen, ohne dass irgend welche mechanische Verletzungen zu erkennen wären.

Der ansteckende Charakter der Krankheit kennzeichnet sich durch die auffälligen Verbreitungserscheinungen. Eine erkrankte Pflanze ist bald von kranken Nachbarn umgeben und so schreitet die Krankheit in Vollsaaten centrifugal vor. Führt durch eine Buchenschonung ein begangener Fusssteig, dann erkranken und sterben auf diesem und zu beiden Seiten desselben sämmtliche Pflanzen in kurzer Frist. Es ist ferner beobachtet, dass in Saatbeeten, in denen einmal die Krankheit auftrat, in den Folgejahren die Epidemie immer in grösster Intensität wiederkehrt. Als in hohem Grade die Krankheit fördernd ist regnerisches Wetter zumal bei höherer Lufttemperatur, Beschattung jeder Art, also theils durch Schutzbäume, theils durch künstliche Be-

deckung erkannt. Die ersten Erkrankungen in einem Jahre können nur dadurch entstehen, dass Eisporen des Parasiten, welche im Erdboden geruht haben, die keimenden Pflänzchen inficirten. Das Mycel verbreitet sich im Gewebe der Samenpflanze und zwar bei der Rothbuche sowohl im Stengel als auch in den Samenlappen, die ja während des Emporsteigens aus dem Boden befallen werden können. Es ist in dem Gewebe der Samenlappen fast nur intercellular und entnimmt durch sehr kleine rundliche Saugwarzen aus dem Zellinneren seine Nahrung Fig. 4, infolge dessen die Stärkekörner bald verschwinden und das Plasma getödtet wird, so dass es sich von den Zellwänden zurückzieht Fig. 5. Während der Pilz sich in der Pflanze noch weiter verbreitet, durchbrechen zahlreiche Hyphen von innen die Oberhaut Fig. 6—8, und werden zu Conidienträgern, indem ihre Spitze anschwillt Fig. 7 *f*, zu einer citronenförmigen an der Spitze papillösen, an der Basis kurz gestielten Conidie Fig. 7 *g*, nach deren Abschnürung vom Träger letzterer aufs Neue sich verlängert, um dann noch einmal eine zweite Conidie zu bilden Fig. 7 *g*, *h*, während inzwischen die erstere in der Regel abfällt. Fig. 7 *i*, Fig. 6 *c*. An unter Wasser cultivirten Pflanzen entstehen nach de Bary auch mehr als 2 Conidien auf einem Träger. Gelangen die Conidien in Wasser, also z. B. in einen Regen- oder Thautropfen, der auf oder zwischen den Samenlappen sich erhalten hat, dann keimen dieselben direct mit einem oder mehreren Keimschläuchen (Fig. 15, 16), die dann zuweilen noch einmal Conidien erzeugen (Fig. 17, 18), in der Regel aber in die Oberhaut der Wirthspflanze sich einbohren, oder der plasmatische Inhalt der Conidien bildet eine grösse Anzahl von sehr kleinen, sich lebhaft bewegenden Zellen — Schwärmsporen, Zoosporen, Fig. 11, — die sich nach Auflösung der Conidienspitze ins Freie begeben und einige Stunden hindurch lebhaft wie Infusorien im Regentropfen umherschwärmen, bis sie sich auf der Oberhaut der Wirthspflanze festsetzen und mit einem oder selbst vier Schläuchen auskeimen (Fig. 13. 20 *a*, *b*). Die Conidie wird durch diese Schwärmsporenbildung zu einem Sporangium und zu einem Zoosporangium. Zuweilen erfolgt das Schwärmen schon im Innern der Conidie und die Keimschläuche durchbohren theils die Seitenwände, theils dringen sie aus der offenen Conidienspitze hervor (Fig. 14. 20 *c*), um dann, eine Zeitlang auf der Oberhaut der Wirthspflanze hinkriechend vorzugsweise an solchen Punkten in das Innere einzudringen, wo zwei Oberhautzellen durch eine Wand von einander getrennt sind. (Fig. 20 *b*, *d*). Seltener bohren sich Keimschläuche auch an solchen Stellen in das Innere ein, wo sie zunächst in das Innere einer Epidermiszelle gelangen. (Fig. 20 *e*). Schon 3—4 Tage nach der Infection kann unter günstigen Verhältnissen die Entwicklung der Parasiten in der inficirten Pflanze wieder soweit vorgeschritten sein, dass aufs Neue Conidienträger zum Vorschein kommen.

Die Conidien und die in ihnen entstehenden Schwärmzellen dienen der Verbreitung der Krankheit während der Monate Mai, Juni bis in den Monat Juli hinein. Sie fallen entweder direct auf Nachbarpflanzen oder werden durch den Wind fortgeführt. Grossen Antheil an der Verbreitung tragen die Thiere z. B. Mäuse in den Saatcämpen, das Wild und sehr auffällig die Menschen. Das Absterben aller Pflanzen an Wegen ist die Folge davon, dass an den Beinkleidern resp. Röcken der Passanten die Conidien abgestreift und im weiteren Verlaufe des Weges successive ausgesäet werden.

Aus dem Gesagten erklärt sich hinlänglich der fördernde Einfluss des Regens, der Beschattung u. s. w.

Die Eisporen entstehen im Gewebe der Wirthspflanzen nach vorangegangenem Sexualacte, indem im Blattparenchym der Buche intercellular zahlreiche kurze Hyphenzweige an der Spitze kugelförmig anschwellen zu den Oogonien, während kleinere sogenannte Antheridien ebenfalls an der Spitze besonderer Hyphen oder aber am Grunde des Oogoniums am Träger dieses Organes entstehen und sich wie jene durch eine Querwand von ihren Trägern abgrenzen. Fig. 21—24. Nachdem sich die Antheridien schon sehr frühzeitig der Aussenwand des Oogoniums angelegt und der grösste Theil des Plasmas zu einer Eizelle sich zusammengeballt hat, entwickelt das Antheridium einen kurzen in das Innere des weiblichen Organes bis zur Eizelle vordringenden Fortsatz, den Befruchtungsschlauch und wandert nun ein Theil des Antheridiuminhaltes in das Innere der Eizelle hinüber, wodurch diese befruchtet wird und sich zur Eispore ausbildet. Fig. 25 *b*.

Ausnahmsweise findet die Befruchtung auch ausserhalb der Wirthspflanze statt, wie der Fig. 19 dargestellte Fall documentirt, woselbst von den Keimschläuchen einer Conidie die eine zum Oogonium, die andere zum Antheridium sich entwickelt hatte.

In den Wurzeln der Nadelholzkeimlinge bildeten sich die Eisporen sowohl im Rindenparenchym als auch im Inneren der Tracheiden aus, woselbst sie oft in Folge des beschränkten Entwicklungsraumes eine längliche Gestalt annehmen.

Mit den verfaulenden Pflanzentheilen gelangen die Eisporen in den Boden und können dort mindestens vier Jahre hindurch sich keimfähig erhalten. Etwas Erde aus einem Buchensaatcampe, in welchem 1875 die Krankheit aufgetreten war, in Wasser fein zertheilt und auf ein Buchensaatbeet ausgegossen, hatte sowohl 1876, als auch 1778, ja selbst 1879 noch das Erkranken und Absterben der keimenden Pflanzen zur Folge.

Aus dem Gesagten resultiren die praktischen Maassregeln, die uns gegen die Krankheit zu Gebote stehen. Zur Verhütung des Auftretens einer Epidemie haben wir Saatcämpe, in denen die Krankheit einmal verderblich

geworden ist, nicht wieder als Saatcamp zu verwenden, wohl aber können wir sie zur Verschulung von Pflanzen benutzen. Die im Boden ruhenden Eisporen werden nur Keimlingspflanzen verderblich. Zeigt sich die Krankheit in einem Saatbeete, so sind alle künstlichen Beschattungsvorrichtungen, durch welche die schnelle Verdunstung des Wassers auf den Samenlappen verhindert wird, zu beseitigen. Alle getödteten und sichtlich erkrankten Pflanzen sind zu entfernen. Stehen viele nahe zusammen, dann ist durch Uebererden am schnellsten der Conidienverbreitung entgegenzutreten. Bei vereinzeltem Auftreten der kranken Pflanzen sind diese vorsichtig auszuziehen und in eine dichte Schürze zu legen, um das Ausstreuen der Conidien zu verhüten. Es muss auch das Verschleppen der Krankheit beim Betreten der Beete möglichst vermieden werden, dadurch, dass der Arbeiter die gesunden Pflanzen nicht mit den Schuhen berührt. Die Revision der Saatbeete hat täglich zu erfolgen.

Phytophthora infestans. Der Kartoffelfäulepilz

ist der Erzeuger der Kartoffelkrankheit, die zwar wohl schon früher aus Nordamerika nach Europa verschleppt, doch vorzugsweise erst seit 1845 hier verheerend aufgetreten ist und seitdem in nassen Jahren immer wieder grosse Verluste herbeiführt. In der Art ihrer Verbreitung und Abhängigkeit von nasser Witterung ist sie der Buchenkeimlingskrankheit sehr ähnlich; sie äussert sich durch das Auftreten schwarzer Flecke auf dem Kraute, die an Umfang zunehmend und auch den Stengel ergreifend das frühzeitige Absterben der ganzen oberirdischen Pflanze zur Folge haben können. In der Regel zeigen sich die Knollen solcher Pflanzen ebenfalls mehr oder weniger erkrankt, zuweilen nur in geringem Maasse, indem beim Durchschneiden einzelne braune Flecken zu erkennen sind. In nassen Jahren verfaulen die Knollen aber oft schon grösstentheils auf dem Felde, die von der Krankheit weniger befallenen Knollen verfaulen im Keller oder in den Gruben während des Winters.

Das Mycel der Phytophthora infestans überwintert in den Knollen und wächst nach Auspflanzung derselben in die sich entwickelnden Triebe, das Gewebe der Stengel und Blätter durchziehend. Untersucht man die Umgebung der schwarzen Flecken bei feuchter Witterung, so erkennt man schon mit unbewaffnetem Auge eine Zone, welche durch schimmelartigen Anflug ausgezeichnet ist. Hier wachsen die zahlreichen Conidienträger besonders aus den Spaltöffnungen hervor, ähnlich gestaltet und mit ähnlichen aber zahlreichen Conidien ausgestattet wie die der Phyt. omnivora. Die Conidien verbreiten die Krankheit auf gesunde Pflanzen, werden durch den Wind selbst auf Nachbarfelder geführt und zweifelsohne auch durch Thiere, z. B. Hasen verschleppt. Ihre Keimung, resp. Schwärmsporenbildung gleicht der der verwandten Art. Die Conidien gelangen aber auch in grosser Zahl in den Erdboden und mit

dem Regenwasser tiefer geführt auf die Knollen, die sie nach Entwicklung der Keimsläuche inficiren. Man glaubt die Thatsache, dass dickschalige Kartoffelsorten der Krankheit weniger erliegen, als dünnschalige dem Umstande zuschreiben zu dürfen, dass letztere leichter von den Keimschläuchen der Pilze durchbohrt werden.

Die Eisporenbildung, wie ich sie für Ph. omnivora nachgewiesen habe, ist für den Kartoffelpilz noch nicht aufgefunden worden und vielleicht überhaupt fehlend. Durch das Perenniren des Mycels in den Knollen ist sie für die Existenz des Pilzes nicht nothwendig. Den grössten Einfluss auf die Entstehung und Verbreitung der Krankheit übt die Feuchtigkeit der Luft und des Bodens aus, insofern eine bei feuchter Umgebung reichliche Conidienbildung auf den Blättern, sowie die Keimung der Conidien oberirdisch und unterirdisch erfolgt.

Bei feuchter Aufbewahrung im Winter entstehen, zumal an etwaigen Wundstellen der Knollen, oder an den sogenannten Augen reichliche Conidienträger und es kann durch die daran sich bildenden Conidien die Krankheit im Winterlager auf bisher gesunde Knollen übertragen werden.

Die Gattung Peronospora muss ich übergehen, da sämmtliche zahlreiche Arten nur auf krautartigen Pflanzen schmarotzen, ausgenommen einer bisher nur in Amerika beobachteten Per. viticola auf verschiedenen Vitisarten und einer auch nur in ihrer Conidienform bekannten Art: Per. sparsa auf Rosenblättern.

Dasselbe gilt für die Gattung Cystopus, deren verbreitetste Art Cystopus candidus auf verschiedenen Cruciferen, insbesondere Capsella Bursa pastoris den weissen Rost veranlasst.

§ 9. **Ustilagineae.**

Die Ordnung der Brandpilze, deren Stellung im Systeme noch eine zweifelhafte ist, enthält zwar ebenfalls nur Parasiten der Krautpflanzen, und zwar vorzugsweise der grasartigen Pflanzen, doch sind die durch sie erzeugten Krankheiten so bedeutungsvoll, dass eine kurze Erwähnung derselben hier Platz finden mag.

Als Brand hat der Sprachgebrauch der Praktiker eine Reihe der verschiedenartigsten Krankheitserscheinungen der Pflanzen benannt, im engern Sinne verstehen wir aber unter Brand nur solche Krankheiten, bei denen gewisse Pflanzentheile und zwar vorzugweise Blüthen und Früchte, seltener Blätter, Stengel oder gar Wurzeltheile zu einer schwarzbraunen Sporenmasse sich umwandeln. Dieses Sporenpulver entsteht im Gewebe der betreffenden Pflanzentheile, welche von reichlichem Mycel der Brandpilze durchsetzt sind, durch Abschnürung oder Zergliederung massenhaft entwickelter Pilzfäden, während das Gewebe der Pflanzentheile selbst fast vollständig zerstört wird.

Die Brandsporen, deren Keimfähigkeit sich mehrere Jahre hindurch erhält, entwickeln beim Eintritt günstiger Keimbedingungen in der Regel einen kräftigen Schlauch. Der oft schon nach Erreichung der doppelten oder dreifachen Länge des Sporendurchmessers an seine Spitze oder seitlich eine Mehrzahl von kleineren Sporen, Sporidien genannt, entwickelt und als Vorkeim Promycelium bezeichnet wird.

Oftmals zergliedert sich das Promycelium direct in eine Mehrzahl von Sporidien. Bei solchen Arten, deren Promycelium die Sporidien wirtelförmig auf der Spitze entwickelt, findet ein Copulationsprozess zwischen je zwei Nachbarsporidien statt und fallen diese dann paarweise ab.

Befindet sich eine keimende Brandspore oder Sporidie in unmittelbarer Nähe einer geeigneten, jugendlichen Nährpflanze, dann bohrt sich der Pilzschlauch durch die Oberhaut in das Gewebe derselben ein und gelangt so in den Stengel, in welchem es vorherrschend intercellular aufwärts wächst, ohne erkennbare Nachtheile hevorzurufen. Erst in demjenigen Pflanzentheile, in welchem die Sporenbildung vor sich geht, tritt eine Zerstörung der Gewebe ein.

Die Brandsporen, welche schon vor oder während der Erndte ausfallen und in den Ackerboden gelangen, werden in der Regel alsbald keimen und in Ermangelung geeigneter junger Wirthspflanzen zu Grunde gehen. Die Uebertragung von Jahr zu Jahr erfolgt desshalb meist durch Verwendung solchen Saatgutes, dem äusserlich Brandsporen anhaften und schon beim Dreschen des Getreides bietet das Verstäuben der Sporen aus brandigen Pflanzen reichliche Gelegenheit zur Verunreinigung der Saatkörner mit solchen Brandsporen. Es wird aber oftmals auch durch Verwendung brandigen Strohes als Stalldünger der Transport der Brandsporen auf das Feld herbeigeführt.

Die Keimung der Brandsporen ist in hohem Grade abhängig von Licht und Bodenfeuchtigkeit und ein Boden, der seiner physikalischen Beschaffenheit nach von Natur oder durch Beimengung reichen Mistdüngers eine hohe wasserhaltende Kraft besitzt, fördert die Keimung der Brandsporen und somit das Auftreten der Krankheit.

Irgend welcher Einfluss des Nährstoffgehaltes des Bodens und seiner chemischen Eigenschaften überhaupt auf die Entstehung der Krankheit ist völlig ausgeschlossen.

Aus dem Gesagten ergiebt sich, dass vor allen Dingen der Transport der Brandsporen auf das Feld vermieden werden muss, dass mithin möglichst reines Saatgut zu verwenden ist. Wo solches nicht zu haben ist, da muss durch Beizen der Saatkörner mit Kupfervitriollösung der Tod der anhaftenden Brandsporen herbeigeführt werden. Es ist ferner die Verwendung brandigen Strohes im Dünger zu vermeiden.

Die wichtigsten Brandarten sind:

Der Staubbrand oder Russbrand, Ustilago Carbo, der besonders im Hafer, Weizen und in der Gerste, sowie sehr häufig in verschiedenen Wiesengräsern: Arrhenatherum elatius etc. auftritt. Das Sporenpulver verfliegt meist schon auf dem Halme, da die Aehrchen mit den Spelzen oft vollständig zerstört werden.

Der Hirsebrand, Ustilago destruens zerstört die noch in der obersten Blattscheide eingeschlossene Rispe der Hirse.

Der Maisbrand, Ustilago Maydis, zerstört und verunstaltet die Maiskolben.

Der Steinbrand, Schmierbrand u. s. w., Tilletia caries, kommt nur im Weizen und Spelt vor und ist dadurch charakterisirt, dass das frisch übelriechende Sporenpulver in den Körnern noch zur Erndtezeit eingeschlossen ist, das somit selbst das Mehl zu verunreinigen im Stande ist.

§ 10. Uredineae.

Die Rostpilze gehören sämmtlich zu den ächten Parasiten, die ihr Mycelium im Blatt und Rindengewebe, seltener auch im Holzkörper (Peridermium Pini) phanerogamer Pflanzen meist intercellular entwickeln und ihre Nahrung durch Haustorien aus dem Innern der Zellen entnehmen. Sexualprocesse sind für sie noch nicht nachgewiesen. Die Rostpilze sind besonders dadurch ausgezeichnet, dass sie ausser ihren Sporen, die Dauersporen, Wintersporen oder Teleutosporen genannt werden und in der Regel erst nach längerer Ruhezeit ihre Keimfähigkeit erlangen, mit wenigen Ausnahmen noch mehrere Conidienformen besitzen, von denen eine als Aecidienspore bezeichnet wird, da sie in besonders gebauten, meist becherförmigen Behältern, den Aecidien entsteht, während man die andere Conidienform Uredospore benennt.

Wo alle diese Sporenformen vorhanden sind, gestaltet sich der Entwicklungsgang des Parasiten in der Regel nach folgendem Schema. Die Teleutosporen, welche auf abgestorbenen oder lebenden Pflanzentheilen überwintern, können theils ihrer Grösse und Schwere wegen, theils weil sie mit der Unterlage verwachsen sind, die Infection im kommenden Frühjahre nicht direct ausführen, sie entwickeln vielmehr bei feuchtwarmer Witterung Promycelien, Taf. II Fig. 9, an denen auf der Spitze feiner seitlicher Auswüchse (Sterigmen) sehr kleine Zellen-„Sporidien“ gebildet werden. Diese können leicht durch den Luftzug emporgehoben und auf geeignete Wirthspflanzen abgelagert werden. Dort keimen sie und ihr Keimschlauch dringt durch die Oberhaut in die Gewebe ein (Taf. II Fig. 10). Das Mycelium entwickelt sich nunmehr im Blattparenchym, und nach einiger Zeit entstehen in dem vom Pilze durchwucherten Blatt-

theile jene als Aecidien bezeichneten becher- oder schüsselförmigen Sporenbehälter, welche nach der Sprengung der Blattepidermis sich nach aussen öffnen und ihren Sporeninhalt verstäuben lassen. Der Grund dieser Behälter ist von einer Fruchtschicht gebildet, bestehend aus längeren oder kürzeren Zellen (Basidien), die an ihrer Spitze succedan eine Reihe von Zellen abschnüren (Taf. II Fig. 12), von denen meist eine jede nochmals in eine grössere obere und eine kleinere untere Tochterzelle getheilt wird. Die grösseren entwickeln sich zu den Aecidiensporen, die kleineren zu den Zwischenstücken, die bald nachher absterben, nachdem ihr Inhalt zur Verdickung der Sporenwandung und des Sporenwachsthums überhaupt hergegeben worden ist. Die im Umkreise der Hymenialschicht stehenden Basidien bilden in der Regel keine Sporenreihe, sondern erzeugen die aus einer einfachen Schicht polygonaler aber unter einander fest verwachsener Zellen bestehende Pseudoperidie, d. h. eine feine Haut, welche den lockeren Sporeninhalt so lange zusammenhält, bis sie meist an der Spitze regellos oder in bestimmten Längsspalten aufreisst (Taf. II Fig. 15. 11). Nicht selten fehlt aber diese Peridie vollständig, wie z. B. bei Caeoma. Fast immer geht der Bildung von Aecidien die Entstehung sogenannter Spermogonien voraus. Es sind dies theils krugförmige, theils flach kegelförmige oder scheibenförmige in oder dicht unter der Oberhaut liegende Organe, welche von sehr zarten, mehr oder weniger parallel verlaufenden Basidien ausgefüllt sind, deren Spitze äusserst kleine Zellen „Spermatien“ abschnüren, die nach dem Aufplatzen der Epidermis frei hervortreten. Zuweilen fehlen die Spermogonien oder sind sparsam und verkümmert (Taf. II Fig. 13). Ob die Spermatien mit dem bisher noch verborgenen Sexualacte in Verbindung stehen, muss die Folgezeit lehren.

Die Aecidiosporen verlieren ihre Keimfähigkeit sehr bald; gelangen sie vorher auf geeignete Wirthspflanzen, dann dringt der Keimschlauch der keimenden Aecidiospore (Taf. II Fig. 2) durch Spaltöffnungen oder auch durch die Epidermiszelle (Taf. II Fig. 3) in das Innere. Nachdem sich dann das Mycelium wiederum im Gewebe der Wirthspflanze verbreitet hat, entsteht auf dieser eine neue Art von Fruchtlagern, oft völlig verschieden von den Aecidien. Es sind dies die Uredo-Lager. Die Basidien dieser Fruchtpolster schnüren entweder nur eine oder eine Reihe von einfachen Sporen (Uredosporen, Sommersporen, Stylosporen) ab, die sich verbreitend immer wieder dieselben Uredolager erzeugen. Durch sie wird im Laufe des Sommers die massenhafte Verbreitung des Pilzes ermöglicht. Entweder auf denselben Fruchtlagern, welche Uredosporen erzeugten, oder auf besonderen Fruchtlagern entstehen dann meist gegen Ende der Vegetationszeit die Teleutosporen, welche ganz anders gestaltet sind und mit dem Gewebe der Wirthspflanze auf die eine oder andere

Weise verbunden bleiben (Taf. II Fig. 7—9) und erst nach längerer Ruhezeit wieder keimen.

Zu diesem Schema, für welches der Getreiderost Puccinia graminis als passendstes Beispiel bezeichnet werden mag, ist noch zu bemerken, dass die verschiedenen Entwicklungsphasen nicht immer auf derselben Wirthspflanze durchlebt werden, in welchem Falle der Pilz autöcisch genannt wird. Aendert der Pilz seinen Standort, wie z. B. die Puccinia graminis ihre Aecidienform auf Berberis vulgaris, ihre Rost- und Teleutosporenform auf Getreidepflanzen entwickelt, so heisst er heteröcisch. Ferner ist hervorzuheben, dass zwar die Teleutosporenform bei jedem Rostpilz vorhanden sein muss, dass aber oft eine der beiden anderen Sporenformen, oder gar beide völlig ausfallen. Ja es kommt vor, dass entweder die Aecidien- oder die Rostform sich nur dann bildet, wenn die Gelegenheit hierzu geboten wird. Selbstredend ist es, zumal bei heteröcischen Pilzen, noch keineswegs gelungen, für alle bekannten Pilze den Zusammenhang der einzelnen Formen nachzuweisen. Es giebt viele Teleutosporenformen, für welche die Aecidien- oder Uredoformen und umgekehrt viele der letzteren, für welche die Winterformen noch nicht bekannt, beziehungsweise erkannt sind.

Solange der Zusammenhang der einzelnen Pilzformen noch nicht bekannt ist, wird man genöthigt, jeder derselben einen besonderen Namen zu geben, und hat man die Aecidienformen in die Gattungen Aecidium, Peridermium und Caeoma zusammengefasst. Die Uredoformen zur Gattung Uredo vereinigt. Den meist sehr charakteristisch geformten Teleutosporen hat man ebenfalls besondere Gattungsnamen gegeben. Nur die letzteren haben einen bleibenden Charakter. Hat man also erkannt, welche Aecidien- und Uredoform zu einer Teleutosporenform gehört, dann fallen die Namen für die beiden Ersteren fort und der Pilz erhält den Namen der Teleutosporenform. Heute bezeichnet man den Getreiderost als Puccinia graminis, die Namen Aecidium Berberidis und Uredo linearis sind unnütz geworden, da man für einen Pilz ebensowenig drei Namen nöthig hat, wie etwa für einen Schmetterling, obgleich dieser als Raupe und Puppe ganz andere Gestalten besitzt.

Ich werde nun nachfolgend zunächst diejenigen auf Holzpflanzen auftretenden Rostpilze besprechen, deren Entwicklungsgang vollständig bekannt ist, oder deren Teleutosporen wir kennen.

Die artenreiche Gattung Puccinia ist dadurch charakterisirt, dass die Teleutosporen zweizellig sind und mit ihren Basidien verbunden bleiben, die gleichsam den Stiel darstellen. Sie erscheinen als kleine braune oder schwarzbraune Häufchen von rundlicher oder länglicher Gestalt.

Puccinia graminis ist die häufigste Art des Getreiderostes, welche nicht nur an unseren Getreidesorten, sondern auch an vielen Wiesengräsern

überall verbreitet auftritt. Die strichförmigen Teleutosporenhäufchen überwintern auf den gewöhnlichen Gräsern, bleiben aber auch auf den Stoppelfeldern zurück, wenn sie an den unteren Halmtheilen der Getreidepflanzen zur Entwicklung gelangten. Wenn die im Frühjahre an den Promycelien entstehenden Sporidien auf junge Blätter des Sauerdorns, Berberis vulgaris, gelangen, so veranlassen sie die Entstehung des Berberitzenpilzes Aecidium Berberidis. Die Aecidienform, deren Sporen wiederum auf Getreide und anderen Grasarten keimen und den Getreiderost, Uredo linearis hervorbringen, unterscheiden sich von den später auftretenden schwarzen Teleutosporenhäufchen der Puccinia graminis durch die rothbraune Färbung.

Durch Ausrottung des Sauerdorns ist dem verderblichen Getreiderost am wirkungsvollsten entgegenzutreten, doch darf diese Maassregel nicht auf engere Gebiete beschränkt bleiben, da durch den Wind eine Verbreitung der Berberitzensporen leicht erfolgen kann.

Puccinia striaeformis (straminis) erzeugt einen der vorigen Krankheit sehr ähnlichen Getreiderost auf Roggen, Weizen und Gerste, verschieden durch die kleineren, weniger lang gestreckten Häufchen und dadurch, dass die sehr kurz gestielten, etwa keulenförmigen Teleutosporen von der Epidermis bedeckt bleiben. Ihr Aecidium ist das Aecidium asperifolii, das auf den Blättern von Anchusa officinalis, Borago, Echium u. s. w. sich entwickelt.

Puccinia coronata erzeugt einen Getreiderost, zumal auf Hafer, dessen Teleutosporen an dem Scheitel gleichsam mit einer Krone von zackigen Verdickungen der Sporenmembran besetzt sind. Ihr Aecidium ist allgemein bekannt durch die eigenartigen hoch goldgelben Anschwellungen der Blätter, Blüthen und Stengel von Rhamnus cathartica und Frangula, auf denen es sich entwickelt; es ist das Aecidium Rhamni. Aus der grossen Zahl der Pucciniaarten sei hier nur noch die Puccinia Asparagi hervorgehoben, die ihren Entwicklungsgang auf der Spargelpflanze allein vollendet. Der Spargelrost, der grosse Verheerungen auf Spargelfeldern anzurichten vermag, wird am besten durch Verbrennen des Spargelstrohes im Herbste und durch rechtzeitiges Ausschneiden der ersten erkrankenden Zweige bekämpft.

Phragmidium.

Die Arten dieser Gattung sind durch gestielte vielzellige Teleutosporen von den Pucciniaarten unterschieden. Den Teleutosporenhaufen, die auf der Unterseite der Blätter entstehen, gehen Uredosporen voraus, deren orangerothes Pulver oft in grosser Menge die Unterseite der Blätter bedeckt. Ihr Entwicklungsgang ist noch nicht studirt.

Phragmidium incrassatum. Der Rost der Brombeersträucher auf

Rubus fruticosus und caesius veranlasst die Entstehung rother Flecken und frühzeitiges Absterben der Blätter.

Phragmidium intermedium erzeugt ähnliche Erkrankungen auf den Blättern des Rubus Idaeus.

Phragmidium Rosarum erzeugt den Rost der Rosen.

Xenodochus.

Die einzige Art dieser Gattung, von der vorigen verschieden durch die sehr kurzen Stiele der vielzelligen Teleutosporen, ist Xenodochus carbonarius und bildet den Rost auf Blättern und Stengeln von Sanguisorba officinalis. Sie wird hier nur desshalb erwähnt, um daran die Bemerkung zu knüpfen, dass es einen Xenodochus ligniperda nicht giebt.

Gymnosporangium*).

Die bekannten Arten dieser Gattung perenniren im Rindengewebe verschiedener Juniperusarten, veranlassen eine locale Zuwachssteigerung, die sich



Fig. 11.
Gymnosp. tremelloides auf Juniperus communis. *aa* Teleutosporenfruchtlager. *bb* Narben derselben nach dem Abfall der Gallertmassen.

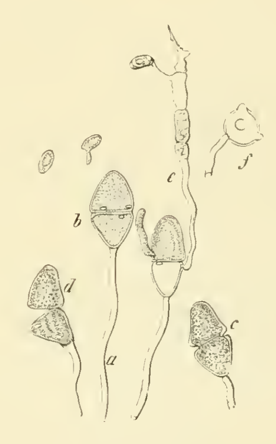


Fig. 12.
Teleutosporen von Gymnosp. tremelloides. *a* Basidien. *b* Ausgekeimte Spore. *c* Noch ungekeimte Spore mit Einschnürung. *d* Desgl. mit getrennten Zellen. *e* Ausgekeimte Teleutospore mit Promycelium und Sporidie. *f* Teleutospore vom Stiel aus gesehen mit drei Keimporen, von denen die mit Keimschlauch durch ein Versehen geschlossen dargestellt ist.

in eigenthümlichen Anschwellungen der befallenen Aeste oder Stammtheile äussert und entwickeln alljährlich ihre Teleutosporen im Herbste unter den

*) Oersted, Botan. Zeitung 1865 S. 291 u. a. a. O.

äusseren Rindenschichten, die dann im Frühjahr und Vorsommer als kegelförmige oder wurstförmige gelbe oder braune gallertartige oder knorplige Fruchtkörper in grosser Anzahl aus der Rinde hervorbrechen. Diese Fruchtkörper bestehen aus den sehr langen, fadenförmigen Basidien, deren Aussenwand zu Gallerte umgewandelt ist und den von ihnen an der Spitze getragenen zweizelligen Dauersporen. Die Bildung der Promycelien und Sporidien geht schon in der Gallertmasse vor sich, die schliesslich durch Regenwasser vollständig aufgelöst wird. Die Sporidien gelangen auf die Blätter verschiedener Kernobstgehölze und erzeugen auf diesen die Aecidienform der Gattung Roestelia. Es ist wahrscheinlich, wenn auch noch nicht experimentell erwiesen, dass die Aecidiensporen auf Juniperuszweigen keimen und diese erkranken machen.

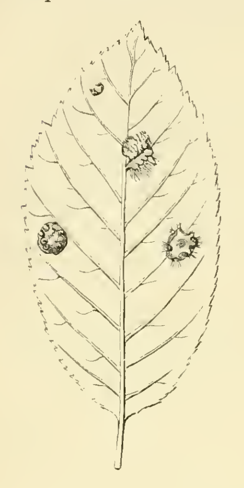


Fig. 13.
Aecidien des Gymnosp. tremelloides auf Blatt von Sorbus Aria.

Wünschenswerth erscheint mir eine weitere Prüfung der bisher bekannten und beschriebenen Formen, da die einzigen controlirenden Versuche, die ich anstellte, sofort zu Resultaten geführt haben, die mit dem in der Wissenschaft Angenommenen nicht übereinstimmen. Ich lasse zunächst eine kurze Beschreibung der drei angenommenen Species folgen, ohne jedoch für die Richtigkeit dieser Angaben auf Grund eigener Untersuchungen einstehen zu können.

Gymnosporangium conicum.

Teleutosporenfruchtlager auf Juniperus communis, halbkuglig oder kegelförmig, später zu sehr grossen, verschieden gestalteten (kugligen, birn-, eiförmigen etc.) Körpern aufquellend, goldgelb; Sporen spindelförmig, die einen braun, mit dickem Endospor, durchschnittlich 75 Mikrom. lang, 27 Mikrom. breit, die anderen gelb, mit dünnerem Endospor ca. 66 Mikrom. lang und 17 Mikrom. breit.

Aecidien auf Sorbus Aucuparia, torminalis, Aronia.

Auf orangegelben oder rothen, angeschwollenen Flecken in verschiedener Zahl zu rundlichen oder länglichen Gruppen vereinigt. Peridie von der Gestalt einer sehr langhalsigen Flasche, gelblich oder gelbbraun, hornartig gekrümmt, bis 8 mm lang, am Scheitel offen, gezähnelt, seitlich nicht oder erst spät wenig und regellos zerschlitzt.

Gymnosporangium clavariaeforme.

Teleutosporenfruchtlager auf Juniperus communis, cylindrisch zungen- oder bandförmig, oft gablig getheilt, gekrümmt und gebogen, mehr knorplig

gelb, bis 12 mm lang. Sporen spindelförmig, in der Mitte eingeschnürt, hellgelbbraun 70—120 Mikrom. lang, 14—20 Mikrom. dick.

Aecidien auf Crataegusarten, zahlreich in kleineren oder grösseren Gruppen auf orangegelben, angeschwollenen Flecken, oft auch weite Strecken, (besonders die Früchte) überziehend, meist von Verkrümmungen und sonstigen Verunstaltungen begleitet. Peridien in der Jugend flaschenförmig, später cylindrisch-becherförmig, schmutzig weisslich, bis zu verschiedener Tiefe längsgespalten in zahlreiche aufrechte oder etwas auswärts geneigte Lappen.

Gymnosporangium Sabinae (syn. fuscum).

Teleutosporenlager auf Juniperus Sabina, virginiana, phoenicea, Oxycedrus und Pinus halepensis, frisch stumpf kegelförmig oder cylindrisch, oft seitlich etwas zusammengedrückt und nach oben schwach verbreitert, mitunter kammartig getheilt, rothbraun 8—10 mm lang. Sporen breit elliptisch, in der Mitte nicht oder kaum merklich eingeschnürt, kastanienbraun 38—50 Mikrom. lang, 23—26 Mikrom. dick.

Aecidien auf Pirus communis, Michauxii, tomentosa. Auf orangegelben, rundlichen oder unregelmässigen, polsterförmig angeschwollenen Flecken zu mehreren beisammenstehend, von der Form sehr kurzhalsiger Flaschen ca. 2 — 2½ mm hoch. Pseudoperidie gelblichweiss am Scheitel geschlossen, seitlich von zahlreichen Längsspalten durchsetzt, die bis zur Blattfläche sich erstrecken. Die so entstehenden Längsspalten sind durch kurze Querstäbchen verbunden, wodurch die ganze Peridie gitterförmig erscheint. Ich bemerke hierzu, dass ich den Birnenrost wiederholt in massenhafter Verbreitung beobachtet habe, wo von den vorhin angeführten Wirthspflanzen der Teleutosporenform in weitem Umkreise kein Exemplar zu finden war.

Zu den drei vorstehend aufgeführten Arten dürfte eine vierte hinzutreten, deren Aecidium ungemein häufig in den bayerischen Alpen auf Sorbus Aria und Chamaemespilus anzutreffen ist und bereits als eigene Form Aecidium penicillatum beschrieben worden ist. Fig. 13.

In gleicher Häufigkeit trifft man auf Juniperus communis daselbst eine Teleutosporenform an, die mit keiner der vorgenannten Arten übereinstimmt, deren Zusammenhang mit der Aecidienform auf Aria durch Infectionsversuche im Garten des hiesigen forstbotanischen Instituts erwiesen ist. Ich wähle für diese Art den Namen:

Gymnosporangium tremelloides.

Die Teleutosporenfruchtlager auf Juniperus communis im Mai als halbkugliche, dem Nostoc communis ähnliche, aufquellende, gallertartige Massen von dunkel orangegelber bis gelbbrauner Farbe, Fig. 11 *aa*. Sie fallen bei Erschütterung der Zweige leicht ab und erscheinen dann die oft 1 cm grossen

hellgelben, glatten Narben Fig. 11 *bb*. Die Sporen sind alle ziemlich gleich gross, nämlich etwa 40—45 Mikrom. lang und 20—25 Mikrom. breit; theilweise sind die beiden kurzen, stumpf kegelförmigen Zellen, deren Höhe etwa gleich dem grössten Durchmesser ist, mit ihrer ganzen Basis untereinander verwachsen, die Wandungen etwas dunkel rauchgrau gefärbt, theils sind sie mehr oder weniger durch Einschnürung von einander getrennt, ja recht oft zerfallen die beiden Theile einer Teleutospore vollständig. Die meisten Zellen besitzen drei Keimporen, die nahe der Querwand stehend mit denen der zweiten Zelle oft alterniren. Fig. 12.

Die Aecidien erscheinen auf Sorbus Aria, Chamaemespilus (Pirus Malus, Sorbus torminalis?)

Die Polster, auf denen die Aecidien oft kreisförmig angeordnet hervorkommen, sind sehr dick und üppig entwickelt. Die Pseudoperidien etwas becherförmig, bis zur Basis in eine grosse Zahl etwas nach aussen gebogener Fäden von 1 mm Länge zerspalten. Die Aecidienöffnung deutlich und durch die dunklen Sporen schwarz gefärbt.

Melampsora (Calyptospora) Goeppertiana.

Taf. II.

Der einzige Repräsentant der Gattung Calyptospora ist neuerdings von Winter*) auch wohl mit Recht der Gattung Melampsora zugesellt worden. Dieser Parasit ist erst jüngst einer ausführlicheren Bearbeitung von mir unterworfen, nachdem ich festgestellt hatte**), dass derselbe mit dem Weisstannensäulenrost, Aecidium columnare, in genetischem Zusammenhange steht. Es mag hier gestattet sein, etwas näher, als es streng genommen mit der Tendenz dieser Schrift vereinbar ist, auf diesen interessanten Pilz einzugehen, da ich bisher eine genauere Beschreibung meiner Untersuchung nicht veröffentlicht habe. Der Preisselbeerpilz ist durch ganz Deutschland (Thüringen, Sachsen, Schlesien, Bayern bis in die höheren Gebirgslagen) verbreitet, wo Vaccinium Vitis Idaea und die Weisstanne gemeinsam auftritt, wurde aber auch auf den Preisselbeeren an Orten von mir gefunden, die mindestens zwei Stunden von den nächsten Tannen entfernt lagen. Die Aecidiensporen, welche von dem Weisstannensäulenrost im Juli und August abfallen, gelangen auf die Oberhaut der jungen Preisselbeertriebe, keimen daselbst bei feuchter Luft (Fig. 2) und die Spitze des Keimschlauches gelangt entweder auf dem gewöhnlichen Wege, nämlich durch die Spaltöffnungen in das Innere oder sie

---

*) Winter, Kryptogamen-Flora v. D. Rabenhorst 1881.
**) Forst- u. Jagdzeitung 1880.

sendet durch ein feines Bohrloch einen Schlauch in die Oberhautzellen (Fig. 3, *a*). Die meisten Keimschläuche aber erweitern sich sackartig, der ganze gelbgefärbte Inhalt der Sporen wandert in den Sack und erfolgt nun eine stellenweise Auflösung der Aussenwand, da wo der Keimschlauch derselben anliegt (Fig. 4). Das fein gestreifte Oberhäutchen zeigt dabei eine ungleiche Widerstandsfähigkeit in den abwechselnden Streifen. Ob nun an solchen Auflösungsstellen ein Eindringen des Parasiten erfolgt, habe ich nicht mit voller Sicherheit feststellen können; das in Fig. 3 bei *b* wiedergegebene Bild scheint dafür zu sprechen. Schon drei Tage nach der Infection findet man im Rindengewebe des Stengels sehr kräftiges Mycel zwischen den Zellen (Fig. 5, *a*), mit zahlreichen Paraphysen (Fig. 5, *b*) versehen, vegetiren. Im ersten Jahre scheint dasselbe keinerlei Wirkung auf die Wirthspflanze auszuüben, da die Triebe fast immer schon nahezu ausgebildet sind, wenn die Infection erfolgt. Der Parasit verbreitet sich aber durch die ganze parenchymatische Aussenrinde des inficirten Stengels (Fig. 1, *a*). Erst im nächsten Jahre, wenn die Knospen nahe der Spitze des Stengels zu neuen Trieben sich entwickeln und nun das Mycelium in diese hineinwächst, trifft es die Rindenzellen noch in unfertigem Zustande und übt einen fördernden Einfluss auf dieselben aus, so dass sie sich reichlich um das Doppelte und mehr vergrössern (Fig. 6). Die Intercellularräume sind dabei meist geräumiger, der Zellsaft, mit Ausschluss der Epidermiszellen *c*, hellroth gefärbt. Wo das Mycelium *a* den Rindenzellen nicht eng anliegt, entsendet es längere oder kürzere Seitenäste (*b b*) zu diesen hin, die dann da, wo sie die Zellwand äusserlich berühren, anschwellen und durch ein feines Bohrloch eine Haustorie in das Innere senden. Der Stengel schwillt in Folge dieser Rindenwucherung bis zur Dicke einer Federspule an und ist anfänglich schön hellroth gefärbt (Fig. 1, *c*). Die untersten, noch wenig entwickelten Blätter werden von den Parasiten ebenfalls eingenommen, verkümmern und färben sich roth. Seltener wird ein schon weiter entwickeltes Blatt noch im untersten Theile geröthet; die oberen Blätter bleiben dagegen fast immer völlig normal und erhalten sich auch nebst den ihnen angehörenden Blattachselknospen über Jahr und Tag am Leben. Fast immer bleibt die Spitze der Triebe frei von der Anschwellung, trotzdem ihr Rindengewebe von Pilzmycel durchwuchert ist.

Diese auffällige Thatsache ist so zu erklären, dass das Pilzmycel nur so lange auf das parenchymatische Rindengewebe einen fördernden Einfluss auszuüben vermag, als dieses noch nicht in den fertigen Dauerzustand übergegangen ist, dass ferner das Mycel bei seinem Emporsteigen aus dem vorjährigen Triebe etwas langsamer ist, wie das Längenwachsthum der neuen Triebe vor sich geht, dass das Mycel desshalb nur in den unteren und mittleren Theilen des Stengels noch unfertige Zustände antrifft, dagegen zu der Zeit,

wo es sich dem Triebende nähert, bereits auf fertige Zellen stösst. Zuweilen zieht sich die Anschwellung auf einer Seite des Stengels etwas höher hinauf, wie auf der anderen Seite, das Mycel wandert aber bis zur äussersten Spitze weiter, allerdings ohne noch eine Anschwellung hervorrufen zu können.

Die erkrankten Triebe zeichnen sich durch ein ungewöhnlich kräftiges Längenwachsthum aus und da, wie gleich weiter ausgeführt werden soll, der Parasit mehrere Jahre hindurch dieselben Erscheinungen hervorruft, so ragen die erkrankten Pflanzen meist weit über den gesunden Bestand hervor. Es ist schwer zu sagen, ob das beschleunigte Längenwachsthum nur indirect, d. h. dadurch veranlasst wird, dass die Rindenzellen sich bedeutend vergrössern und somit mechanisch eine Beschleunigung in der Streckung der Organe der Gefässbündel herbeiführen, oder ob die Fermentwirkung des Parasiten über die unmittelbare Umgebung hinaus reicht und somit den Gefässbündeln zu Gute kommt. Recht oft treiben solche kranke Pflanzen in demselben Jahre noch einmal eine Mehrzahl „Johannistriebe", die dann wiederum Rindenanschwellung zeigen. Bevor ich zur Darstellung der Teleutosporenentwicklung in der Epidermis übergehe, sei hier vorweg bemerkt, dass der geschilderte Vorgang sich drei Jahre, vielleicht ausnahmsweise noch länger wiederholt, indem das Mycel perennirend ist. Die einzelnen Jahrgänge sind durch scheinbar völlig normale Regionen, eben jene Triebspitzen, von einander getrennt. Stirbt der obere Theil der Pflanze nach dieser Zeit ab, dann treiben oft mehrjährige Blattachselknospen aus den älteren Stengeltheilen, von denen das schwammige Rindengewebe längst verschwunden ist, aus, oder es kommen schlafende Knospen des scheinbar gesunden Stengels aus dem Infectionsjahre (Fig. 1, *a*) zur Entwicklung und zeigen dann immer geschwollene Stengel. Es wird hierdurch bewiesen, dass das Mycel sich auch in den unteren Stengeltheilen mehrere Jahre lebend und zuwachsfähig erhält.

Kehren wir nun zurück zur Betrachtung der weiteren Entwicklung des Pilzmycels im schwammigen Rindengewebe des neuen Triebes, so sieht man nach einiger Zeit von unten nach oben die rothe Färbung verschwinden und an deren Stelle eine hell rostbraune treten. Untersucht man die Epidermis da, wo sie soeben gebräunt wurde, so trifft man die ersten Stadien der Wintersporenbildung (Fig. 7). Aus dem Innern ist reichliches Mycel nach aussen bis unter die Epidermiszellen gewachsen (Fig. 7, *a a*). Da diese keine Intercellularräume besitzen, wie das Rindenparenchym, so drängen sie sich zwischen Rinde und Epidermis und bilden dort gleichsam eine Art Fruchtschicht, die zunächst nur Haustorien in die Epidermiszellen hineinsendet (Fig. 6, *c c*, Fig. 7, *b*, Fig. 8, *a a*).

Alsdann werden die Epidermiszellen aber an verschiedenen Stellen durch äusserst zarte Fortsätze jener kräftigen, plasmareichen Hyphen durch-

bohrt und tritt nun, während die Spitze dieser Fortsätze im Innern der Epidermiszellen kugelförmig anschwillt, der Inhalt der Hyphen in jene Kugeln über, welche die Mutterzellen der Teleutosporen werden (Fig. 7, *cc*). In der Aufsicht (Fig. 8, *cc*) erkennt man deutlich bei richtiger Einstellung das feine Bohrloch in der unteren Wand der Epidermiszelle. Der rothe Zellsaft der Rindenzellen verschwindet und die Epidermiszellen bräunen sich vermuthlich in Folge davon, dass sie aus ihrer Verbindung mit den Rindenzellen abgedrängt worden sind. Wenn die Mutterzellen, deren Zahl für jede Epidermiszelle zwischen 4 und 8 schwankt, so weit angewachsen sind, dass sie das Innere der Oberhautzelle nahezu ausfüllen, erhalten sie durch gegenseitigen Druck polygonale Gestalt und ihre Wandungen verdicken sich deutlich (Fig. 8, *d*). Zu gleicher Zeit beginnt dann der Theilungsprocess derselben in je 4 Tochterzellen (Fig. 8, *e*), deren Scheidewände rechtwinklig zur Oberfläche der Epidermiszellen stehen, so dass die so entstehenden 4zelligen Teleutosporen pallisadenförmig, d. h. mit ihren grössten Längsdurchmessern rechtwinklig zur Oberfläche der Epidermis stehen (Fig. 9). Nur ausnahmsweise theilt sich eine Teleutospore in mehr oder weniger als 4 Tochterzellen (Fig. 8 bei *f*). Ein heller rundlicher Fleck im Plasma jeder Zelle (Fig. 8, *f*) deutet das Vorhandensein eines Zellkernes an.

Die zusammengehörenden Zellen einer Teleutospore sind nach innen zu gemeinsam abgerundet (Fig. 9, *a*). Sobald die Sporen reif sind, stirbt das entleerte Mycel und das Schwammgewebe der Rinde ab und letzteres färbt sich braun. Nur die innersten dem Gefässbündelkreise unmittelbar anliegenden Rindenzellen mit ihrem Mycelium erhalten sich lebend und so erklärt es sich, dass dann, wenn ein oder mehrere Jahre später Blattachselknospen an solchen Stengeltheilen austreiben, deren Schwammgewebe schon völlig zersetzt und meist vom Stengel abgefallen ist, die neuen Triebe wieder vom Mycel inficirt werden. Ein völliges Ausreifen der Sporen scheint aber nur dann zu erfolgen, wenn die erkrankten Pflanzen an ihrem natürlichen Standorte in ständig feuchter Luft erwachsen. Im freien Stande des Gartens des forstbotanischen Institus zu München gelangten sie nicht zur Keimfähigkeit. Die Teleutosporen überwintern in der Oberhaut der geschwollenen Preisselbeerstengel und keimen im folgenden Frühjahr, nachdem einige Zeit warmes Regenwetter eingetreten ist, durch welches das todte Rindenschwammgewebe mit Feuchtigkeit sich hat vollsaugen können. Jede von den 4 Tochterzellen entsendet dann ein Promycelium, welches nahe dem Kreuzungspunkte der gemeinsamen Scheidewände die Aussenwand der Spore und die zarte Aussenwand der Epidermiszelle durchbohrt und etwa $1^1/_2$mal so lang wird als die Spore. Jedes Promycel theilt sich durch drei Querwände in vier Kammern und jede der letzteren entwickelt seitlich ein fein sich zuspitzendes kurzes Sterigmen oder aber eine längere Aus-

sprossung, an deren Spitze erst auf einem feinen Sterigmen die Sporidie entsteht (Fig. 9). Das gesammte Plasma wandert in die Sporidien, die sehr leicht abfallen oder vom Winde emporgehoben werden.

Säet man die Sporidien auf noch zarten jugendlichen Weisstannennadeln, dann senden dieselben einen kurzen Keimschlauch aus, der in die Oberhaut einzudringen scheint (Fig. 10, *a a*) oder sie spitzen sich birnförmig zu und entwickeln zuvor nochmals eine sehr kleine secundäre Sporidie. Ob diese erst durch Entwicklung eines sehr feinen Keimschlauches die Infection vollzieht, habe ich nicht beobachten können. Weisstannen, auf deren junge Triebe ich am 18. Mai Sporidien aussäete, entwickelten bereits am 14. Juni auf der Unterseite zu beiden Seiten der Mittelrippe, die hellgelben, mit einer säulenförmigen Peridie versehenen Aecidien (Fig. 11, 14, 15). Das kräftige, farblose, ebenfalls Haustorien bildende intercellulare Mycel (Fig. 13) entwickelt sich in den Tannennadeln, ohne dass diese irgend eine Veränderung erkennen lassen. Mitten in der Blattsubstanz entstehen in ziemlich regelmässigen Abständen die Aecidien (Fig. 11), deren Fruchtschicht aus sehr kurzen, fast würfelförmigen Basidien gebildet ist. Von den an ihrer Spitze sich abschnürenden Zellen spaltet sich dann ein kleiner unterer Theil, die Zwischenzelle ab, die wahrscheinlich in Folge des Raummangels, der im Aecidium durch das Wachsthum der Sporen entstehen muss, in die Länge gezogen und endlich aufgelöst wird (Fig. 12).

Die Peridie platzt in der Regel nahe der Spitze in mehrere Längsrisse auf, wobei die oberste Haube oft ganz abgestossen wird (Fig. 15).

Die Entwicklung der Aecidien vom ersten Hervortreten der gelben Höcker aus dem Blatte bis zum völligen Verstäuben erfordert mehrere Wochen und auch dann noch vergeht lange Zeit, bis die Tannennadel selbst abstirbt. Nicht selten bleibt der untere Theil derselben, soweit keine Aecidien zum Vorschein gekommen sind, überhaupt am Leben. Sehr sorgfältig habe ich nach dem Vorhandensein von Spermogonien geforscht, jedoch vergeblich. Dieselben scheinen fast völlig zu fehlen. Nur an einzelnen Nadeln fand ich hier und da in der Nähe der Aecidien Mycelanhäufungen zwischen Cuticula und Epidermiszellen oder theilweise auch in letzteren selbst, welche in Form kleiner stumpfer Kegel über die Blattoberfläche hervortreten (Fig. 13). Zur Entwicklung der charakteristischen Basidien oder gar zur Spermatienbildung war es in keinem Falle gekommen. Es will mir desshalb scheinen, als hätten wir hier nur Rudimente der übrigens abhanden gekommenen Spermogonien vor uns.

Vorstehend haben wir den normalen Entwicklungsgang des Parasiten vorgeführt und gesehen, dass in der Regel der früher als Aecidium columnare beschriebene Tannennadelrost die Aecidienform des Preisselbeerpilzes ist. Würde in einem Jahre etwa in Folge anhaltend trockner Witterung das Auskeimen

der Teleutosporen zur Zeit, in der die Tannennadeln noch jung und empfängnissfähig sind, verhindert, dann ist die Existens der Parasiten genügend dadurch gesichert, dass dessen Mycel perennirt und im kommenden Jahre wiederum Sporen bildet. Es scheint aber auch, als ob die Aecidienform überhaupt nicht nothwendig, sondern nur eine Gelegenheitsform sei. Leider konnte ich im Sommer 1881 experimentell nicht feststellen, ob die Sporidien auf Preisselbeeren direct die Krankheit hervorrufen können, da bei Anstellung des Versuches das Material sich als keimunfähig erwies. Folgende Beobachtung spricht aber dafür, dass die Aecidienform überflüssig sei. Im Jahre 1880 pflanzte ich in den Garten einen dichten Horst kräftiger Preisselbeeren aus, unter denen nur zwei oder drei erkrankte Pflanzen sich befanden, die nun auch austrieben und neue erkrankte Stengel zeigten. Zur Aecidienentwicklung kam es nicht, da die versuchsweise in unmittelbarer Nähe gepflanzte Tanne in Folge des Verpflanzens überhaupt nicht austrieb. Im Jahre 1881 nun zeigte sich eine grosse Anzahl der zuvor gesunden Pflanzen als erkrankt und entwickelte kräftige Rindenanschwellungen. Mit Aecidiensporen konnten diese Pflanzen wohl 1879, nicht aber 1880 in Berührung gekommen sein, es bleibt somit die Annahme sehr wahrscheinlich, dass 1880 die Infection durch Sporidien von jenen einzelnen kranken Preisselbeeren ausgegangen sei. Der directe Versuch muss diese Frage demnächst zur Entscheidung bringen.

Melampsora salicina. Der Weidenrost*).

Der Weidenrost erzeugt eine der verbreitesten Krankheitserscheinungen, insofern er nicht allein fast auf allen Weidenarten, sondern auch in allen Gegenden bis zur Grenze der Schneeregion an den kleinsten Gletscherweiden auftritt. Die Aecidienform scheint für diesen Pilz zu fehlen oder ist bisher nicht beobachtet, vielmehr kennen wir nur die Wintersporen und die Uredosporen. Die Uredosporen erscheinen zuweilen schon Ende Mai, Anfang Juni als kleine rothgelbe Häufchen auf der Unterseite, seltener auch auf der Oberseite der Weidenblätter, sie vermehren sich schnell einestheils durch inneres Mycelwachsthum, welches durch die Blattstiele auch in die Rinde der Triebe eindringt, anderntheils durch die Uredosporen selbst, welche durch den Luftzug weiter geführt sehr bald keimen und durchschnittlich schon am achten Tage nach der Aussaat auf ein gesundes Blatt das Hervortreten zahlreicher neuer Uredohäufchen veranlassen. Es werden die befallenen Blätter schon frühzeitig schwarzfleckig und fallen ab. Schon vor dem Abfallen resp. Absterben der Blätter entstehen besonders reichlich im Nachsommer und Herbste zahlreiche,

*) R. Hartig, Wichtige Krankheiten der Waldbäume. 1874. Seite 119 ff.

etwa stecknadelknopfgrosse Teleutosporenlager unter der Oberhaut des Blattes, ganz ähnlich den Teleutosporen der Melampsora Goeppertiana, jedoch verschieden von ihnen dadurch, dass sie nicht in, sondern unter den Epidermiszellen sich bilden. Anfänglich hellbraun, später tief schwarzbraun gefärbt überwintern diese kleinen Polster in der Substanz der am Boden liegenden, verwesenden Blätter und entwickeln dann im Frühjahr Promycelien und Sporidien ganz analog der vorherbeschriebenen und Taf. II, Fig. 9 dargestellten. Diese Sporidien gelangen durch den Luftzug auf die Blätter der neuen Weidentriebe und rufen die Krankheit aufs Neue hervor.



Fig. 14.
Melampsora salicina auf Salix pruinosa. *a* Lebendes Blatt mit Sporenpolster. *b* Stellenweise bereits vertrocknet. *c* Sporenlager nahe der Blattstielbasis im Stengel.

In verheerender Weise habe ich den Pilz bisher nur auf der Salix pruinosa (syn. caspica, acutifolia) angetroffen und wurden zahlreiche Weidenheger durch wiederholte frühzeitige Entblätterung völlig getödtet. Die besten Vorbeugungsmaassregeln bestehen im Zusammenharken und Untergraben oder Verbrennen des abgefallenen, pilzhaltigen Laubes im Spätherbst bis Frühjahr, sowie im sorgfältigen Revidiren der Weidenheger während des Sommers. Sobald der Rost sich auf einzelnen Pflanzen zeigt, ist das Abschneiden und Eingraben der befallenen Ruthen rathsam.

Ob die von Thümen*) unterschiedenen Arten, in welche die Mel. salicina zerlegt ist, wirklich berechtigt sind, dürfte erst auf Grund eingehender Untersuchungen des ganzen Entwicklungsganges derselben zu entscheiden sein.

Melampsora populina. Der Pappelrost,

welcher auf den Blättern der Populus nigra, pyramidalis, monilifera, ferner in besonders kräftiger Entwicklung auf Pop. balsamifera und in schwächeren Polstern auf Pop. tremula vorkommt, hat in seinen Krankheitserscheinungen grosse Aehnlichkeit mit der vorigen Art. Verschieden ist sie durch die Peridien, welche die Uredohäufchen umgeben. Nicht selten werden Pappelalleen schon im September durch den Rost entblättert, nachdem das Laub schon früher eine gelbe Färbung angenommen hat.

*) v. Thümen, Mittheilungen aus den forstl. Versuchswesen Oesterreichs II, pag. 41 ff.

Melampsora betulina. Der Birkenrost ist dem vorigen sehr ähnlich und veranlasst frühzeitiges Verfärben und Abfallen der Birkenblätter.

Melampsora Carpini tritt in ähnlicher Weise auf Heinbuchenblättern auf.

Melampsora Sorbi auf Sorbus Ancuparia und torminalis.

Melampsora Ariae auf Sorbus Aria.

Melampsora Padi auf Prunus Padus.

Melampsora Vaccinii auf Vacciniumarten.

Coleosporium.

Die Gattung Coleosporium unterscheidet sich von der Vorhergehenden dadurch, dass die Teleutosporen aus mehreren übereinander stehenden Zellen gebildet sind, von denen jede ein einzelliges Promycel mit nur einem Sporidium erzeugt.

Es kommt nur eine Art für uns in Frage, da diese ihre Aecidien auf Kiefern entwickeln soll:

Coleosporium Senecionis.

Dieser Parasit, welcher seine Teleutosporen und Uredosporen auf Senecio vulgaris, viscosus, silvaticus, vernalis und Jakobaea entwickelt, soll nach den Untersuchungen von Wolff*) in dem Peridermium Pini, dem Kiefernblasenrost seine Aecidienform besitzen. Die als Kienzopf, Brand, Krebs oder Räude bezeichnete Krankheit der Kiefer habe ich schon im Jahr 1874 beschrieben**), und lasse ich hier das Wichtigste folgen.

Die Aecidien und Spermogonien kommen in verschiedener Form vor, einmal in den Nadeln der Kiefer, Pinus silvestris, wo der Parasit als Peridermium Pini acicola bezeichnet wird und alsdann im Rindengewebe von Pinus silvestris, Pinus Strobus, nach andern Autoren auch auf Pinus Laricio austriaca, und Pinus montana, in welcher Form er als Peridermium Pini corticola bezeichnet wird.

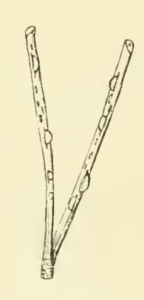


Fig. 15.
Peridermium Pini acicola mit Aecidien und Spermogonien auf Kiefernnadeln. Kiefernnadelrost.

Die erstere Aecidienform beobachtet man in den Monaten April und Mai (nicht im Juni und Juli, wie Rees angiebt) oft in ungeheurer Masse auf den 1 und 2jährigen Nadeln zumal jüngerer Kiefern, selten auch an alten Bäumen. Zwischen den nur wenige Millimeter grossen rothgelben Blasen finden sich die Spermogonien zerstreut, die im

*) Botanische Zeitung 1874.

**) R. Hartig, Wichtige Krankheiten der Waldb. pag. 66—80. Taf. XI. Berlin 1874.

Alter braun gefärbt werden und somit als kleine schwarze Flecken äusserlich erscheinen. Das Mycel entwickelt sich im Innern der Nadel, perennirt daselbst und kann, ohne die Nadel zu tödten, im nächsten Jahre nochmals Aecidien erzeugen. Der Schaden, den diese Pilzform hervorbringt, ist gering, denn die von Aecidien besetzten Nadeln sterben nicht oder nur stellenweise vorzeitig ab. Es entstehen nur missfarbige Stellen auf den Nadeln.

Um so gefährlicher kann die Form Per. Pini corticola für jüngere und ältere Kiefernbestände werden. Auf welchem Wege die Infection derselben erfolgt, ob immer eine Verwundung des Rindengewebes durch Insect, Specht, Hagelschlag oder dgl. vorausgegangen sein muss, bleibt noch zu erforschen. Aeltere als 20—25jährige Stammtheile scheinen nicht inficirt zu werden. Das Mycelium des Pilzes verbreitet sich intercellular zwischen den Zellen der Rinde und des Bastgewebes und wächst von hier aus durch die Markstrahlen bis etwa 10 ctm. tief in den Holzkörper hinein

Ueberall, wo das Mycel hingelangt, verschwindet das Stärkemehl und der anderweite Zellinhalt und an Stelle davon tritt Terpentinöl tropfenweise auf der Innenseite der Wandungen auf, durchtränkt auch die Wandungssubstanz selbst. Es wird dadurch selbstredend das Leben der Zelle getödtet ohne jedoch den Eintritt der Bräunung der Gewebe nach sich zu ziehen. Auch der ganze Holzstamm bis zu ca. 10 ctm. Tiefe verkient völlig und lässt eine Holzscheibe von 3—5 ctm. Dicke noch die Lichtstrahlen durchdringen. Da das Mycelium auch in die Harzkanäle eindringt und das sie umgebende Gewebe tödtet, so ist ja zweifelsohne ein Theil des Terpentins von anderen höher gelegenen Stammtheilen zugewandert. Die völlige Verharzung und oftmals ein massenhaftes Ausströmen des Terpentins aus der nach dem Absterben aufspringenden Rinde berechtigt aber zu der Annahme, dass eine directe Umwandlung des Zellinhaltes und der Zellwandungssubstanz der Parenchymzellen zu Terpentin stattfinde.

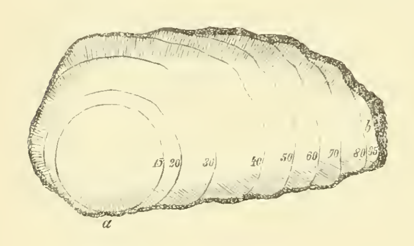


Fig. 16.
Querscheibe aus dem oberen Schafttheile einer 110jährigen Kiefer, welche vor 70 Jahren bei *a* durch Peridermium Pini corticola inficirt worden ist. Die Krone des Baumes war im letzten Jahre abgestorben, nachdem nur noch der bei *b* belegene Splinttheil nicht verharzt, resp verpilzt war. $^{1}/_{10}$ natürl. Grösse.

Das Mycelium wächst alljährlich über die kranke Rindenstelle hinaus und zwar in der Längsrichtung des Stamms meist etwas schneller, als in horizontaler Richtung; die Wanderung der Bildungsstoffe wird in demselben Maasse mehr auf die noch gesunde Seite des Baumes gedrängt und steigert sich hier desshalb die cambiale Thätigkeit so sehr, dass eine auffällige Verdickung der Jahresringe daselbst eintritt. Fig. 16 zeigt einen Stammquerschnitt, welcher

im 15. Jahre bei *a* inficirt wurde und erst im 85sten Jahre mit der darüber befindlichen Stammkrone abgestorben war. Das Absterben des Gipfels erfolgt an kranken Stämmen besonders in trockenen und heissen Sommern, weil dann der grösstentheils in Kien umgewandelte Holzkörper nicht genügend Wasser passiren lässt, um den starken Wasserverlust der Krone zu ersetzen.

Aecidien bilden sich der Hauptsache nach nur in der Rindenregion, die im Laufe des letzten Jahres neu erkrankte. Sie durchbrechen als halbkugel-

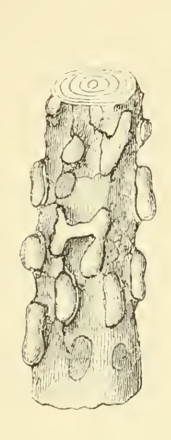


Fig. 17.

Stammabschnitt einer jungen Kiefer, aus deren Rinde die blasigen Aecidien des Peridermium Pini corticola hervorgebrochen sind. An drei dunkler gezeichneten Stellen befinden sich unter der Korkschicht die Spermogonien. Natürl. Gr.

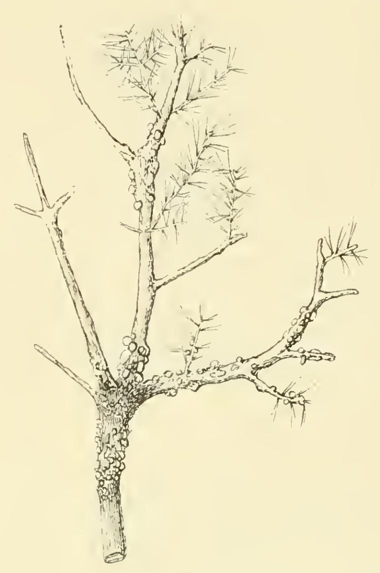


Fig. 18.

Kiefernast, von Periderm. Pini corticola seit mehreren Jahren befallen. Die zuerst befallenen Zweige auf der linken Seite sind bereits getödtet; von da aus ist das Mycel abwärts auf den Hauptast, resp. Nebenäste übergegangen. $^1/_5$ der natürl. Grösse.

förmige, längliche und wurstförmige gelbweisse mit rothgelbem Sporenpulver erfüllte Blasen die äusseren todten Rindenschichten im Monat Mai und Juni. Zwischen denselben erkennt man nur schwer die etwa erbsengrossen flächenförmig entwickelten Spermogonien, welche aus einer zwischen der innersten Korkschicht und dem lebenden Rindengewebe gelagerten, aus zahllosen rechtwinkelig zur Korkschicht gestellten feinen Basidien gebildet sind, an deren Spitzen die kleinen Spermatien abgeschnürt werden.

Aeste und Zweige aus der Krone älterer Bäume sterben oft schon nach wenig Jahren ab und geht dann abwärts vorrückend der Parasit von der Astbasis oft auf den Hauptstamm über. Stirbt dieser ab, soweit die Krone über der Krebsstelle sich befindet, und sind unterhalb derselben noch kräftig be-

nadelte Aeste und Zweige, so bleibt der Stamm am Leben, jene Aeste erzeugen eine Art von Ersatzgipfel, die todte Krone bildet den Kienzopf oder Kiengipfel (Vogelkien), der von Ratzeburg als Folge des Frasses der Kieferneule betrachtet und als Spiess bezeichnet wurde.

Die Krankheit ist von diesem Beobachter auch als Mottendürre, d. h. als eine Folge des Frasses der Dioryctria abietella (Tinea sylvestrella Ratzeb.) beschrieben worden.

Möglich ist, dass in einzelnen Fällen der Frassgang der genannten Motte im Rindengewebe die Eingangspforte für den Pilz liefert, gerade wie Grapholitha pactolana mit Nectria Cucurbitula Hand in Hand geht.

Die Sporen des Kiefernblasenrostes sollen nach Wolff ihren Keimschlauch in die Spaltöffnung der Senecioblätter senden und auf diesen zunächst die Uredoform, später die Teleutosporenlager des Coleosporium Senecionis erzeugen.

Es erscheint wünschenswerth, dass dieser Pilz noch weiter untersucht wird, da erstens die Erzeugung von Periderm. Pini auf der Kiefer durch Aussaat der Coleosporiumsporidien noch nicht geglückt ist, mir selbst trotz wiederholter Versuche die Infection der Senecio durch Kiefernblasenrostsporen nicht glücken wollte, da ferner noch festzustellen ist, ob die beiden Formen acicola und corticola specifisch verschieden sind oder nicht.

Chrysomyxa.

Die Gattung Chrysomyxa ist der Vorigen nahe verwandt, insofern die Teleutosporen ebenfalls aus Reihen von Zellen bestehen, von denen die oberen ein mehrzelliges Promycelium mit vier Sterigmen und Sporidien entwickeln. Die Sporenlager stellen orangegelbe dichte Polster von verschiedener Gestalt vor. Uredo- und Aecidienlager sind der Gattung Coleosporium ähnlich.

Chrysomyxa Abietis*). Der Fichtennadelrost

ist ein durch ganz Deutschland, mit Ausnahme der höheren Alpenregionen, verbreiteter Feind der Fichte, der auch an älteren Fichten auftritt und oft genug in so grosser Menge auf den Nadeln der einjährigen Triebe sich entwickelt, dass ein grosser Theil derselben getödtet wird und abfällt.

Der Pilz ist autöcisch und entbehrt vollständig der Uredo und Aecidienlager, entwickelt vielmehr nur seine Teleutosporenlager an den Fichtennadeln. Die Sporidien keimen auf den zarten Nadeln der neuen Maitriebe, entwickeln in deren Innern ihr mit gelben Oeltropfen reich versehenes Mycelium, so dass

*) Reess, Botanische Zeitung 1865 Nr. 51 u. 52 und Willkomm, Die mikroskopischen Feinde d. W. 1868 S. 134-166.

schon Ende Juni der vom Pilz durchwucherte Nadeltheil durch eine mattgelbe Färbung sich zu erkennen giebt. Der erkrankte Theil kann die Basis, Mitte oder Spitze der Nadel einnehmen, färbt sich gegen den Herbst zu immer intensiver citronengelb, während der übrige Theil der Nadel grün bleibt. Schon im Herbst beginnt auf den beiden untern Seiten der Nadeln die Entwicklung des Teleutosporenlagers in Gestalt länglicher, etwas anschwellender Polster, die alsbald durch ihre mehr goldgelbe Färbung sich zu erkennen geben. In diesem Zustande überwintert der Pilz auf dem Baume und im nächsten Frühjahre entwickelt sich das Teleutosporenlager immer mehr, so dass es schliesslich die Epidermis in einem Längsrisse sprengt und nun frei als goldgelbes Polster hervortritt. Nunmehr entwickeln sich auf den Zellen der Teleutosporen die Promycelien mit ihren Sporidien und da dies im Monat Mai zur Zeit der neuen Triebbildung der Fichte geschieht, so können die Sporidien direct auf diesen zur Keimung gelangen.



Fig. 19. Fichtennadel mit Chrysomyxa Abietis, deren goldgelbe Sporenpolster noch nicht aufgeplatzt sind.

Es ist ersichtlich, dass solche Fichten, die zur Zeit der Sporidienreife noch sehr weit in der Entwicklung zurück sind, vor Infection geschützt sein werden und erklärt es sich auf diese Weise, dass manche Individuen eines Bestandes völlig frei von Pilz bleiben, andere dagegen sehr stark befallen werden. Derartige Erscheinungen haben bei den Laien oft genug den Glauben erweckt, als hänge die Pilzerkrankung von einer gewissen Prädisposition der Fichtenindividuen ab. Nach dem Abfallen der Sporidien vertrocknen die Teleutosporenlager, die Nadeln selbst sterben bald nachher und fallen vom Baume ab. Der Nadelverlust ist in der Regel für den Baum nicht von grossem Nachtheile, da immerhin an den älteren Zweigtheilen, sowie an den neu sich entwickelnden Trieben ein reicher Vorrath von Nadeln zurückbleibt. Nur sehr selten tritt die Krankheit eine längere Reihe von Jahren hintereinander in gleicher Heftigkeit auf, da die Witterungsverhältnisse dem Keimen der Sporidien nicht immer gleich günstig sind und das Auskeimen der Teleutosporen in eine Zeit fallen kann, in welcher die meisten Fichten schon zu weit oder umgekehrt noch nicht weit genug in der Triebbildung vorgerückt sind, um von den Sporidien inficirt werden zu können. Mit Ausnahme eines Fichtenbestandes im sächsischen Erzgebirge habe ich denn auch noch nie einen sehr empfindlichen Schaden durch Chrysomyxa Abietis beobachtet, vielmehr kommen immer wieder Jahre, in denen die Krankheit nur sehr gering auftritt, die Fichten einen vollen Jahrgang von Nadeln sich zu beschaffen vermögen. Ich kann mich desshalb auch nicht für die von Willkomm, Frank u. A. empfohlenen Maassregeln zur Bekämpfung des Pilzes aussprechen, da ein Aushieb der erkrankten Pflanzen u. dgl. schlimmer wäre, als das Uebel selbst.

Nicht uninteressant dürfte die Beobachtung sein, dass in dem strengen Winter 1879/80 die erkrankten Nadeln in vielen Gegenden vertrockneten und die Pilze somit nicht zur Entwicklung gelangten. Es ist ferner nicht selten gleichzeitig mit der Chrysomyxa das Hysterium macrosporum auf den Nadeln anzutreffen, wodurch letztere ebenfalls in der Entwicklung gestört und schwarzfleckig werden.

Chrysomyxa Rhododendri*).

Der Alpenrosenrost ist insofern von besonderem Interesse, als er heteröcisch ist, seine Teleutosporen- und Uredolager in Gestalt rundlicher und länglicher kleiner Polster gruppenweise auf den Alpenrosenblättern entwickelt, während die Aecidien (Aecidium abietinum. Fichtenblasenrost) auf den Nadeln der neuen Fichtentriebe zur Entwicklung gelangen.

Das Auftreten der Fichtenkrankheit ist somit an die Gegenwart der Alpenrosen Rhododendron hirsutum und ferrugineum gebunden, wenn auch selbstredend durch Regen und Wind eine Verbreitung der Sporidien aus den Hochlagen in die Thäler nicht ausgeschlossen ist. De Bary, dem wir die Kenntniss des Entwicklungsganges dieser Parasiten verdanken, hat aber auch den Nachweis geliefert, dass die Aecidienform entbehrlich ist, dass da, wo Fichten fehlen, die Sporidien auf den Blättern der Alpenrosen direct keimen und Uredolager erzeugen, die den Pilz im Sommer erhalten und ausbreiten, bis im Herbste wiederum Teleutosporenlager auf den Blättern der jüngsten Alpenrosentriebe entstehen.



Fig. 20. Fichtennadel mit Spermogonien und Aecidien der Chrysomyxa Rhododendri — Fichtenblasenrost. —

Die Entwicklung des Parasiten in der Fichtennadel hat anfänglich Aehnlichkeit mit der der Chrysomyxa Abietis, doch schon im Juli und August bemerkt man auf dem gelb gefärbten Nadeltheile zuerst zahlreiche kleine Pünktchen, die Spermogonien und bald darauf die die Epidermis sprengenden gelben Blasen der Aecidien, welche mit denen des Kieferblasenrostes auf den Kiefernadeln grosse Aehnlichkeit besitzen. Wenn die Peridien an der Spitze aufplatzen, dann stäuben im August und September die Aecidiensporen in so grosser Masse, dass beim Schütteln einer kranken Fichte eine dichte Sporenwolke die Luft erfüllt. Schon im Laufe desselben Jahres sterben die erkrankten Nadeln und fallen ab. Dadurch unterscheidet sich dieser Parasit sofort von der Chrysomyxa Abietis, die auf dem Baume im unreifen Zustande überwintert.

---

*) De Bary, Botanische Zeitung 1879.

Chrysomyxa Ledi*).

Dieser Parasit erzeugt auf der Fichte dieselbe Krankheitserscheinung, wie der vorige, seine Teleutosporen und Uredosporen entwickeln sich dagegen auf den Blättern von Ledum palustre. Nach brieflichen Mittheilungen tritt der Pilz in Russland in colossaler Verbreitung auf, neuerdings wurde er mir auch aus dem Regierungsbezirke Königsberg zugesandt. Auch in andern Gegenden Deutschlands, mit Ausnahme des südlichen Theiles, ist er mehrfach beobachtet, selbstredend nur da, wo Kienporst in nächster Nähe auftritt.

Von den nun folgenden Parasiten sind bisher nur die Aecidienformen bekannt und bleibt mithin noch die Erforschung des Entwicklungsganges der wohl sämmtlich heteröcischen Pilzformen der Folgezeit vorbehalten.

Aecidium (Peridermium) elatinum**).

Dieser Parasit bewohnt und erzeugt die sogenannten Hexenbesen und Krebsbeulen der Weisstanne, die überall da in Deutschland zu be-

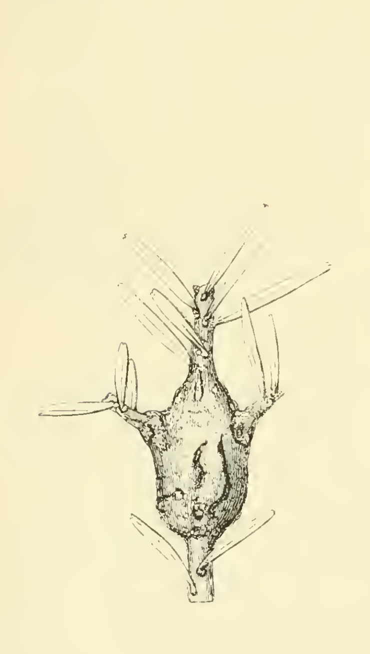


Fig. 21.

Weisstannenbeule ohne Hexenbesen. Natürl. Gr.

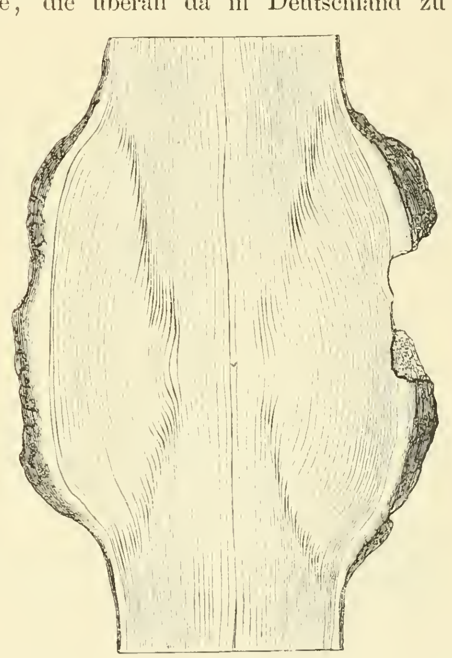


Fig. 22.

Längsschnitt durch eine 31jährige Weisstannenbeule, die im 4jährigen Alter durch Infection entstanden ist, auf der rechten Seite ist der Rindenkörper in der Mitte seit 3 Jahren abgestorben, vertrocknet und abgebröckelt. Rinde und Holzkörper des inficirten Theiles mit gesteigertem Wachsthum. 1/3.

*) De Bary, Botanische Zeitung 1879.
**) De Bary, Botanische Zeitung 1867.

obachten sind, wo die Weisstanne in Beständen auftritt. Da ich an 1- und 2jährigen Hexenbesen immer in der nächsten Nähe der Ansatzstelle, wo dieser aus einer Knospe der Weisstanne sich entwickelt hatte, kleine Verwundungen beobachtet habe, darf angenommen, dass die Infection an solcher Wundstelle erfolgt. Das Mycelium des Pilzes perennirt im Rinden- und Bastgewebe

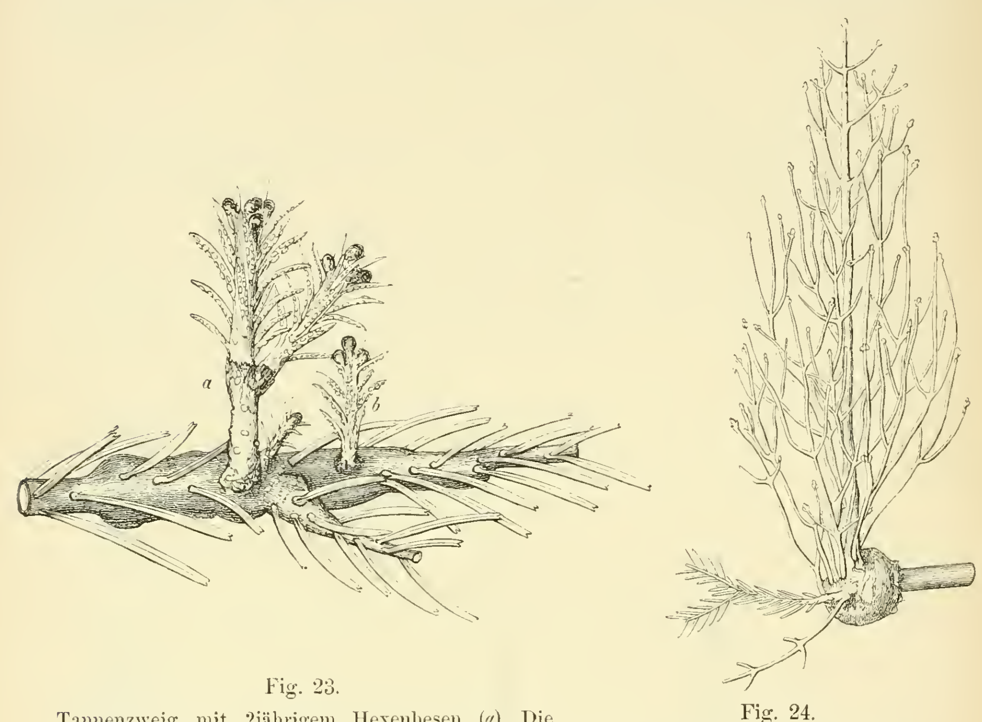


Fig. 23.

Tannenzweig mit 2jährigem Hexenbesen (*a*). Die Fortentwicklung des Mycels im Gewebe des Zweiges hat bei *b* eine schlafende Knospe ein Jahr später zum Austreiben veranlasst. Der vom Mycel bewohnte Theil des Tannenzweiges zeigt starke Anschwellung.

Fig. 24.

Siebenjähriger Weisstannenhexenbesen im Winterzustande, also nadellos. Der Tannenzweig, auf dem er entstanden ist, ist oberhalb der Ansatzstelle fast ganz verkümmert.

des Stengels, wächst selbst in die Cambialschicht und in den Holzkörper hinein und hat einen das Wachsthum ungemein fördernden Einfluss. Findet die Infection an einem Stamme oder Zweige statt, wo keine entwicklungsfähige Knospen vorhanden sind, so entsteht daselbst durch die gesteigerte Wuchsgeschwindigkeit des Cambiums eine beulenförmige Anschwellung, die sowohl auf gesteigertem Holzwuchs als auf stärkerer Rindenentwickelung beruht, Fig. 21. Mit der Verbreitung des Mycels vergrössern sich die Beulen oder Krebsstellen und können gewaltige Dimensionen annehmen, wenn sie am Stamme kräftiger Bäume sich befinden. Das Rinden- und Bastgewebe erhält an solchen Stellen aber frühzeitig Risse, Fig. 22, vertrocknet auch hier und da bis auf den Holz-

körper und wird dadurch im Laufe der Zeit dem Eindringen von Holzparasiten das Thor geöffnet. Einer der häufigsten ist der Polyporus fulvus, der eine Weissfäule hervorruft. (cf. Taf. IV.) Abbrechen des Stammes bei Sturm und Schneeanhang sind oftmals Folgen dieser Holzzersetzung. Man findet nicht selten Beulen, die mit Hexenbesen in keinem Zusammenhang gestanden haben Fig. 21, und nie kommt es an ihnen zu irgend welcher Sporenentwicklung.

Häufiger erfolgt die Infection an oder in nächster Nähe einer Knospe und diese bildet dann nach dem Austreiben einen jungen Hexenbesen, d. h. einen Zweig, in dessen Rinde das nachwachsende Pilzmycel eine Wucherung, und in dessen jugendlichen Nadeln der Parasit eine solche Veränderung hervorruft, dass sie viel kleiner bleiben, einen mehr rundlichen Durchschnitt und fast gar kein Chlorophyll zeigen. Sie bleiben gelblich und auf ihrer Unterseite entstehen Anfangs August zwei Reihen Aecidien, die Ende August sich öffnen und ihre Sporen ausstreuen, Fig. 23. Bald darauf sterben die Nadeln und fallen ab. Der Hexenbesen ist somit sommergrün. Alljährlich wandert nun das Mycel in die neuen Triebe nach und ruft dieselben zuvor geschilderten Erscheinungen hervor. Die Zweige dieser eigenthümlichen Doppelwesen verästeln sich reichlich und streben meist aufwärts, so dass sie als völlig selbstständige Organismen den gesunden Tannenzweigen aufsitzen, ähnlich etwa den Mistelpflanzen. Das Mycel wandert im Rinden- und Bastgewebe auch langsam rückwärts und so entsteht an dem Stamme oder Zweige, dem der Besen aufsitzt, eine ebensolche Beule oder Krebsstelle, wie ich sie zuvor beschrieben habe. Diese vergrössert sich selbständig auch dann noch, wenn der Hexenbesen bereits abgestorben ist, was zuweilen erst nach 20 und mehr Jahren eintritt.

Aecidium strobilinum.*)

Dieses Aecidium entwickelt sein Mycelium in den grünen, lebenden Zapfenschuppen der Fichte, zerstört die Blüthentheile und entwickelt vorzugsweise auf der inneren, theilweise auch auf der äusseren Seite der Schuppen dicht gedrängt die halbkugeligen dunkelbraunen Aecidien, die sich meist durch einen Querriss öffnen. Fallen solche Zapfen zur Erde, so geben sie sich leicht dadurch zu erkennen, dass sie auch bei feuchter Witterung „sperren", während die gesunden Zapfen dicht geschlossen bleiben. Diese Zapfenkrankheit kommt überall von Norddeutschland bis in die Vorberge der Alpen vor.

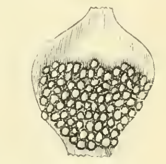


Fig. 25. Aecidien von Aecidium strobilinum auf der Oberseite einer Fichtenzapfenschuppe.

Aecidium conorum Piceae*).

Dieser Zapfenpilz, den ich aus eigener Beobachtung nicht kenne, soll von dem vorigen dadurch verschieden sein, dass die Aecidien viel grösser, minder

*) Reess, Die Rostpilzformen der deutschen Coniferen.

zahlreich, nur auf der Aussenseite der Fichtenzapfenschuppen stehen und mit weisslichen Peridien versehen sind.

Die Aecidiengattung Caeoma unterscheidet sich von den vorher aufgeführten Arten durch das Fehlen einer Peridie. Die interessanteste Art ist

Caeoma pinitorquum. Der Kieferndreher*).

Dieser Parasit ist ebenfalls durch ganz Deutschland, vorzugsweise aber im Norden verbreitet und hat sich zumal in den Jahren 1870—73 dort in verheerender Weise gezeigt. Die Krankheit kann schon junge, soeben zum Vorschein gekommene Kiefernkeimlinge befallen und treten dann am Stengel oder an den Nadeln längliche hellgelbe Sporenlager aus der aufplatzenden Oberhaut zum Vorschein. Häufiger beobachtet man sie an jungen Kiefernculturen von 1—30jährigem Alter, doch sind die Bestände von 1—10jährigem Alter am meisten der Erkrankung exponirt und leiden auch am meisten unter ihr. Die Krankheit äussert sich darin, dass Anfang Juni, seltener schon Ende Mai, zu der Zeit, in welcher an den neuen Jahrestrieben die grünen Nadelbüschel mit ihren Spitzen schon ein wenig aus der Nadelscheide hervorgekommen sind, an dem grünen Rindengewebe der Triebe blassgelbe Stellen von 1—3 cm Länge und $^1/_2$—1 cm Breite (Fig. 26) auftreten, auf denen mittelst Lupe zahlreiche kleine, etwas tiefer gelb gefärbte Höckerchen, die Spermogonien, zu erkennen sind. Diese entstehen theils in den Epidermiszellen, theils zwischen diesen und der Cuticula, die von letzterer abgehoben wird und das Spermogonium bekleidet, Fig. 27. In der zweiten oder dritten Rindenzellschicht entsteht das Caeomalager, indem sich das intercellulare Mycel, aus dem Innern des Stengels nach aussen wachsend, in dieser Zelllage zu einer Fruchtschicht entwickelt, welche dann auf der Spitze der Basidien nach aussen hin die Aecidiensporen in gebräuchlicher Weise abschnürt. Mit der Ausbildung dieses inneren Sporenlagers färbt sich eines-



Fig. 26.
Spitze eines jungen Kieferntriebes mit aufgeplatztem Caeoma pinitorquum Sporenlager im Rindengewebe $^1/_1$.

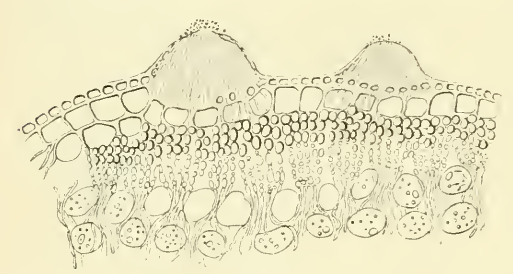


Fig. 27.
Durchschnitt durch ein Sporenlager von Caeoma pinitorquum vor dessen Aufplatzen. Zwei Spermogonienhöcker in der Epidermis.

*) R. Hartig, Wichtige Krankheiten d. Waldb. 1874 S. 83—93. Taf. V.

theils die betreffende Rindenstelle äusserlich immer tiefer goldgelb, anderntheils erhebt sich dieselbe etwas polsterförmig, bis die äussere Rindenschicht in einem Längsrisse aufplatzt (Fig. 26) und die Sporen verstäuben. Das Gewebe der Rinde bis zum Holzkörper stirbt alsdann unterhalb des Fruchtlagers ab und überwallt im günstigen Falle binnen Jahr und Tag.

Da während der Entwicklung des Fruchtträgers und noch einige Zeit nachher die normale Längenstreckung des jungen Triebes fortdauert, diese aber an der kranken Stelle gestört ist, so krümmt sich der kranke Trieb an der

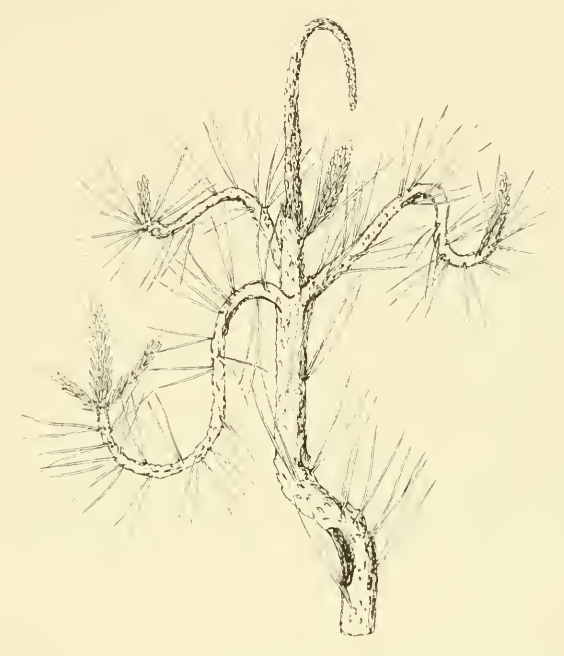


Fig. 28.

Gipfel einer durch Caeoma pinitorquum erkrankten Kiefer. Der Gipfeltrieb ist bis nahe der Basis ganz vertrocknet. Die Quertriebe, so wie der Schaft zeigen alte Pilzstellen und Krümmungen.

vom Fruchtlager eingenommenen Stelle ein wenig, vielfach müssen aber die eintretenden Triebkrümmungen, welche dem Parasiten die Bezeichnung Kieferndreher, C. pinitorquum, eingebracht haben, auf die Schwere der jungen Triebe zurückgeführt werden, welche bei einseitiger, erheblicher Verletzung eine Senkung der oberhalb der Wunde liegenden Triebspitze an Quirlzweigen zur Folge haben muss. Später wächst die Spitze wieder nach oben und entstehen so *s*-förmige Krümmungen. Ist die Witterung normal, dann entstehen alljährlich an den neuen Trieben einige wenige solcher Fruchtlager, ist das Wetter sehr trocken, dann verkümmern die Sporenlager in ihrer ersten Entstehung,

ein Schaden ist äusserlich nicht wahrnehmbar, ist der Monat Mai und Anfang Juni sehr regenreich, dann entstehen zahlreiche Fruchtlager und diese in solcher Ueppigkeit, dass die Triebe mit Ausschluss der Basis ganz absterben und vertrocknen (Fig. 28). Eine heftig erkrankte Kiefernschonung erscheint Ende Juni so, als ob ein Spätfrost alle neuen Triebe getödtet und gekrümmt hätte. Im nächsten Jahre entwickeln sich alsdann aus den an der Triebbasis noch verbliebenen Nadelbüscheln die Scheidenknospen zu Scheidentrieben, die allerdings in der Folge wiederum erkranken. Der Umstand, dass eine einmal vom Pilz befallene Kiefer Jahrzehnte hindurch alljährlich wieder von der Krankheit zu leiden hat, berechtigt zu der Annahme, dass das Pilzmycel in den Trieben perennirt Von dem zuerst erkrankten Theile eines Kiefernbestandes, vom Krankheitsheerde, verbreitet sich dieselbe mit jedem Jahre fortschreitend in centrifugaler Richtung. Fast immer liegt dieser erste Ausgangspunkt in der Nähe eines Feldrandes, doch ist weiter hervorzuheben, dass fast stets reichliche Aspen den Beständen beigemischt waren. Es mögen dies Indicien sein für die weitere Erforschung des Entwicklungsganges des Parasiten, der höchst wahrscheinlich heterötisch ist und seine Teleutosporenform auf einer anderen Pflanzenart entwickelt. Es ist noch hervorzuheben, dass ganz junge 1—3jährige Schonungen der Krankheit meist erliegen, erkranken ältere Kiefern, so verkrüppeln diese oft so arg, dass sie wenig Hoffnung auf einen gesunden Bestand übrig lassen, in der Regel treten dann aber einmal einige Jahre Ruhe ein, in denen ein trockenes Frühjahr die Pilzentwicklung zurückhält und die Pflanzen erholen sich dann allmälig und können sich noch zurecht wachsen, wenn sie auch in ungünstigen Jahren wieder beschädigt werden. Mit dem dreissigsten Jahre etwa verschwindet die Krankheit von selbst.

Caeoma Laricis*). Der Lärchennadelrost

tritt in ganz Deutschland mehr oder weniger häufig auf und wurde jüngst von mir auch im Nymphenburger Park bei München aufgefunden. Derselbe befällt die Nadeln der Lärchen im Monat Mai, bildet auf diesen neben zahlreichen Spermogonien lineale oder rundliche hellgelbe Sporenlager und veranlasst das Absterben der Nadeln.

Caeoma Abietis pectinatae. Der Weisstannennadelrost

hat mit dem Blasen- oder Säulenrost Aecid. columnare resp. Melampsora Goeppertiana grosse Aehnlichkeit, unterscheidet sich von ihm durch das Vorkommen zahlreicher Spermogonien und durch das Fehlen der Peridie und tritt auf der Unterseite der Tannennadeln in Gestalt meist länglicher gelber Sporenlager zu

*) R. Hartig, Wichtige Krankheiten d. Waldb. S. 93.

beiden Seiten der Mittelrippe auf. Er ist in den bairischen Alpen und in den Waldungen bei Passau in grosser Verbreitung und wohl überall da zu finden, wo die Weisstanne zu Hause ist.

Abfallen der erkrankten Nadeln im ersten Jahre ist der an sich nicht erhebliche Schaden, der durch ihn veranlasst wird.

Caeoma Ribis alpini kommt auf mehreren Ribesarten, insbesondere Ribes alpinum, rubrum und nigrum vor, und erzeugt auf der Unterseite lebender Blätter, so auch auf den Früchten runde orangegelbe Flecke.

Caeoma Evonymi, Ligustri, Empetri sind ebenfalls Arten, deren Entwicklungsgang noch klarzustellen ist.



Fig. 29. Weisstannennadelrost Caeoma Abietis pectinatae auf Tannennadel.

§ 11. Hymenomycetes.

Die Hautpilze gehören zum grössten Theile zu den Fäulnissbewohnern und entwickeln ihr Mycelium in der humusreichen Bodenschicht oder im Innern abgestorbener Pflanzentheile, insbesondere auch in todtem Holze, während die Fruchtträger oft in gewaltiger Grösse auf der Bodenoberfläche oder ausserhalb der Pflanze zum Vorschein kommen. Nur eine relativ geringe Anzahl der Hautpilze ist zweifellos parasitären Charakters und für eine grosse Anzahl wird erst die genauere Untersuchung ergeben, ob sie zu den Parasiten oder Saprophyten zu zählen sind. Das Charakteristische in der Sporenbildung besteht darin, dass diese zu je vier auf der Spitze von Basidien simultan erzeugt werden und diese Basidien eine mehr oder weniger dicht gedrängte Schicht (Hymenium) auf einem Theile oder der ganzen Oberfläche des Fruchtträgers darstellen.

Exobasidium.

Die Gattung Exobasidium erzeugt charakteristische Gallenbildungen auf Blättern, Blüthen und Stengeln verschiedener Holzpflanzen und die Basidien des vorwiegend intercellularen Mycels drängen sich zwischen die Epidermiszellen nach aussen, um hier auf der Oberfläche eine Hymenialschicht zu bilden. Ein eigentlicher Fruchtträger kommt gar nicht zu Stande.

Exobasidium Vaccinii*).

Dieser Parasit erzeugt auf Vaccinium Vitis idaea, seltener auf Vaccin. Myrtillus und uliginosum Anschwellungen der Blätter, Blüthen und Stengel, die theils schön weiss, theils hellrosafarben von den durch Melampsora Goep-

---

*) Woronin, Verhandl. der naturf. Gesellsch. zu Freiburg 1867 IV.

pertiana verursachten Anschwellungen sich dadurch unterscheiden, dass sie von den Sporen weiss bereift erscheinen, während bei jenen die glänzende Oberhaut das Sporenlager bedeckt, dass sie ferner mehr an der Unterseite der Blätter oder in der Blüthentraube als am Stengel entstehen. Die mikroskopische Unter-



Fig. 30.
Zweig von Vaccinium Vitis idaea mit Fruchtlagern von Exobasidium Vaccinii auf den Blättern *aa* und im Stengel.



Fig. 31.
Alpenrosenäpfel auf Rhododendron hirsutum.

suchung lässt sofort erkennen, dass an der Spitze der keulenförmigen Basidien auf vier zarten Sterigmen die langen etwas gekrümmten Sporen stehen.

Exobasidium Rhododendri erzeugt die bekannten „Alpenrosenäpfeli“ Fig. 31, welche auf den Blättern der Alpenrosen entstehend, die grösste Aehnlichkeit mit manchen Cynipsgallen der Eichenblätter besitzen. Sie sind im ganzen Alpengebiet verbreitet, soweit die Alpenrosen vorkommen.

Trametes radiciperda*).

Der gefährlichste Parasit der Nadelholzbestände ist zweifellos die Trametes radiciperda, insofern sie nicht allein die am meisten gefürchtete Art der Rothfäule, sondern auch vorzugsweise das Lückigwerden der Nadelholzwaldungen in jüngerem oder höherem Alter veranlasst. Sie ist von mir bisher an verschiedenen Kiefernarten, insbesondere Pinus silvestris und Strobus, dann insbesondere an Picea excelsa, Juniperus communis etc. beobachtet worden. Zwar fand ich auch zuweilen Fruchtträger an den Wurzeln alter Stöcke von Betula, doch ist mir sehr zweifelhaft, ob sie an Laubhölzern auch als Parasit auftritt.

Die Krankheit tritt nicht selten schon in 5—10jährigen Schonungen, ebensowohl noch in 50- oder 100jährigen Beständen auf und sieht man hier und da einzelne Pflanzen blassgrün werden und plötzlich nach freudigstem Wuchse absterben. Wir werden sehen, dass ganz ähnliche Sym-

*) R. Hartig, Zersetzungserscheinungen des Holzes pag. 14 ff. Taf. I—IV.

ptome der Erkrankung bei den durch Agaricus melleus inficirten Pflanzen zu beobachten sind. In der Nähe einer getödteten Pflanze, mag diese auf dem Stocke verblieben oder gefällt worden sein, sterben bald darauf andere Bäume ab und so greift im Laufe der Jahre in centrifugaler Richtung das Absterben weiter um sich. Es entstehen grosse Lücken und Blössen in dem zuvor völlig geschlossenen Bestande. In der Regel zeigt sich anfänglich in einem Bestande nur eine oder eine sehr geringe Anzahl von kranken Stellen, haben diese einige Jahre sich vergrössert, dann sieht man überall zerstreut im Bestande neue Krankheitsheerde entstehen.

Untersucht man die abgestorbenen Bäume an den Wurzeln, so findet man bei den Kiefern meist nahe der Bodenfläche am Wurzelstocke oder auch an

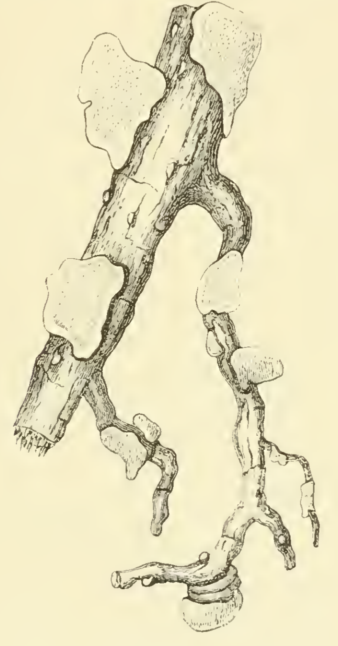


Fig. 32.
Fichtenwurzel mit Fruchtträger der Trametes radiciperda. $^1/_1$.

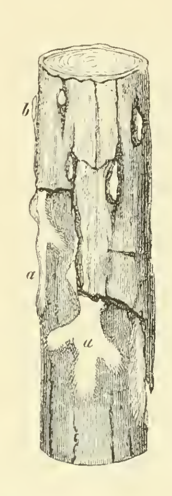


Fig. 33.
Mycelbildungen der Trametes radiciperda auf Fichtenwurzel, deren äussere Rindenschuppen im unteren Theile entfernt sind, so dass das häutise Mycel bei *aa* erkennbar ist, während im oberen Theile nur Mycelpolster *b* zwischen den Schuppen hervorstehen. $^2/_1$.

tiefer eingedrungenen Wurzeln, bei der Fichte vorherrschend nur an den Wurzeln die auf der Hymenialfläche schneeweissen Fruchtträger, Fig. 32, die als sehr kleine gelbweisse Pilzpolster zwischen den Rindenschuppen hervortreten, mit ähnlichen Nachbarpolstern zu eins verwachsen und ausnahmsweise zu 30—40 cm Grösse heranwachsen. Zwischen den Rindenschüppchen erkennt man sich verästelnde Mycelhäute, die von den Mycelbildungen des Agaricus melleus durch äusserste Zartheit sich unterscheiden, Fig. 33. Sie erreichen kaum die Stärke des

feinsten Seidenpapiers und nur da, wo sie zwischen den Rindenschuppen hervorwachsen, schwellen sie zu gelbweissen Pilzpolstern von Stecknadelkopf- bis Erbsengrösse heran. Die Wurzeln, und von ihnen ausgehend das Stamminnere bis zu bedeutender Höhe hinauf ist verfault (rothfaul) (Taf. III, Fig. 1). Nur bei der gemeinen Kiefer steigt die Fäulniss über die Stockhöhe im Stamme nicht weiter empor.

Die Lebensweise des Parasiten ist, in der Kürze dargestellt, folgende. Die in der Hymenialschicht der unterirdischen Fruchtträger entstehenden Sporen werden in der Regel nur dann weiter sich verbreiten, wenn sie verschleppt werden. Da Fruchtträger vorzugsweise da entstehen, wo Mäusegänge an kranken Wurzeln vorübergehen, so liegt der Gedanke nahe, dass die Mäuse oder andere in Erdhöhlungen lebende Thiere in ihrem Pelze die Sporen verschleppen und gelegentlich an gesunde Wurzeln, vielleicht weit entfernt von dort, abstreifen. Die Sporen keimen leicht in feuchtwarmer Luft und das Mycel kann, zwischen Rindenschuppen eindringend, hier oder da in das lebende Rindengewebe gelangen. Von nun an schlägt es einen zweifachen Entwicklungsgang ein. Es dringt in den Holzkörper und wächst mit grosser Geschwindigkeit in diesem stammaufwärts. Eine violette Färbung des Holzes ist das äussere Symptom für den Zersetzungszustand, in welchem der Inhalt der parenchymatischen Zellen durch die Fermentwirkung des Mycels getödtet und gebräunt wurde. Diese verschwindet mit dem Verlust des plasmatischen Zellinhalts und eine hellbräunlichgelbe tritt an deren Stelle, wobei einzelne schwarze Flecken zurückbleiben. Diese umgeben sich später mit einer weissen Zone und gleichzeitig wird das Holz immer leichter und schwammartiger (Taf. III, Fig. 1). Zuletzt entstehen zahlreiche Löcher, das Gewebe zerfasert, ist wasserreich und hellbraungelb, nie schwarzbraun.

Die Pilzhyphen wachsen im Innenraum der Holzelemente aufwärts, durchbohren mit Leichtigkeit die Zellwandungen und indem sie sich seitlich verästeln, gelangen sie auch in die Markstrahlzellen und in Nachbarfasern. Die erste wahrnehmbare Veränderung des Holzes äussert sich, wie schon oben gesagt, in Bräunung und theilweisem Verbrauch des Inhaltes der lebenden Zellen, sodann erfolgt eine vom Lumen nach aussen fortschreitende Umwandlung der Holzwandung in Cellulose, die schnell völlig aufgelöst wird, bis zuletzt auch das zarte Skelett der Mittellamelle verschwindet. Stellenweise erfolgt dieser Process mit grösserer Geschwindigkeit. Es finden sich nämlich hier und da in unmittelbarer Nachbarschaft der Markstrahlen die Tracheiden mit einer braunen Flüssigkeit erfüllt, die wahrscheinlich aus den Markstrahlen stammend, das Pilzmycel sehr üppig ernährt und bräunt, so dass ein Mycelnest von brauner Farbe entsteht. Von diesem wird dann eine so energische Fermentwirkung ausgeübt, dass die incrustirenden Substanzen aus den benachbarten

Tracheiden vollständig verschwinden und diese auf mehrere Millimeter Entfernung hin völlig in Cellulose umgewandelt und dadurch farblos, d. h. weiss werden. Es löst sich dann fast unmittelbar nach der Umwandlung in Cellulose die Mittellamelle vollständig auf und die einzelnen Holzorgane werden isolirt, so dass sie wie Asbestfäden bei Berührung mit einer Nadel zerfallen. Sie werden allmälig aufgelöst und es entstehen immer grösser werdende Löcher in der mürben Holzsubstanz. Während gesundes Fichtenholz unter Ausschluss der Aschenbestandtheile 48,82 C,
5,82 H,
45,36 O + N enthält,
zeigt stark zersetztes Holz
52,93 % C,
5,63 % H,
41,42 % O + N.

Es ist somit eine kohlenstoffreichere Substanz zurückgeblieben. Ueber die chemischen Vorgänge bei der Holzzersetzung selbst ist Seite 38 gesprochen.

Während in vorstehend dargestellter Weise die Zersetzung des Holzes zuweilen bis in eine Höhe von 8 m und mehr durch das Holzmycel herbeigeführt wird, wandert der Parasit im Rindengewebe weit langsamer vorwärts, und hat hierselbst drei verschiedene Erscheinungen zur Folge. Indem das Mycel von der Infectionsstelle aus sowohl der Wurzelspitze als dem Stamme zuwächst, tödtet es die Rinde, und damit die Wurzel und wenn es nach Verlauf einiger Jahre den Stamm erreicht hat, tritt es vom Wurzelstock aus auch an die bisher gesund gebliebenen Wurzeln. Sobald diese nun von der Krankheit ebenfalls ergriffen worden sind, stirbt der Baum ab. Eine zweite Function des Rindenmycels besteht in der Bildung der Fruchtträger, die hier und da an den Wurzeln oder am Wurzelstock zwischen den Rindenschuppen hervortreten und zur Entstehung neuer kranker Stellen im Walde führen, wie das bereits zuvor dargestellt wurde.

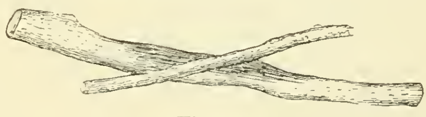


Fig. 34.
Infection einer gesunden Fichtenwurzel durch eine schwächere, dieselbe berührende, welche von Trametes radiciperda getödtet worden ist. Von der Contactstelle ist beiderseits die Erkrankung soweit vorgeschritten, als die Figur dunkel gezeichnet worden ist. 1/8 der natürl. Grösse.

Eine dritte Function ist die Verbreitung der Krankheit unter der Erde durch Mycelinfection. Da, wo eine kranke Wurzel in Berührung mit einer gesunden Wurzel eines Nachbarbaumes tritt Fig. 34, oder wohl gar mit dieser verwachsen ist, was ja im geschlossenen Waldbestande ungemein oft zu beobachten ist, da wächst das Mycel, welches zwischen den Schuppen in Gestalt kleiner Polster hervortritt, in die Rinde des Nachbarbaumes hinein, und ist es leicht, einen Baum künstlich zu inficiren, wenn man ein Rindenstück mit

lebendem, noch zuwachsfähigem Mycel auf dessen Wurzelrinde auflegt und festbindet.

Durch unterirdische Verbreitung des Mycels von Stamm zu Stamm entstehen jene Blössen in den Waldungen, die sich alljährlich durch Absterben der Randbäume vergrössern, ohne dass man früher irgend eine Ursache dieser Erscheinung angeben konnte. Die Krankheit gehört desshalb zu den gefährlichsten Formen der „Rothfäule", weil die Holzverderbniss schnell und weit im Stamm aufwärts steigt und zugleich den Tod der Bäume nach sich zieht. Sie ist in den Kiefernwaldungen Norddeutschlands ebenso verbreitet, wie in den Fichtenbeständen zumal der Vorberge, jedoch mit dem Unterschiede, dass die Kiefern, wenn sie vom Parasiten getödtet werden, meist nur in den Wurzeln todt und faul sind, dass aber der Stamm mit Ausschluss des Wurzelanlaufes keine Zersetzungserscheinungen erkennen lässt. Im Wurzelstock pflegt das Holz stark verharzt zu sein und glaube ich nicht zu irren, wenn ich in dem reichen Harzgehalte der Kiefer gerade im unteren Stammtheile ein Hemmniss für das Emporwachsen des Pilzmycels erblicke. Bei der harzärmeren Weymouthskiefer steigt die Holzzersetzung hoch im Stamm empor.

Es erscheint nothwendig, schon von Jugend auf in den Nadelholzbeständen die kranken oder getödteten Pflanzen zu entfernen. In älteren Beständen wird die erkrankte Stelle durch schmale Stichgräben zu isoliren sein, indem man in diesen Gräben alle Wurzeln durchsticht oder durchhaut. Selbstredend wird man, um den Zweck zu erreichen, den Graben soweit von der Blösse in den Bestand verlegen, dass voraussichtlich alle bereits erkrankten Bäume mit eingeschlossen werden. Es genügt in der Regel, wenn man die nächsten Randbäume der Blösse mit einschliesst. Bemerkt der Arbeiter, dass eine todte Wurzel den Graben kreuzt, dann muss an dieser Stelle der Graben etwas weiter in den Bestand verlegt werden, weil sonst die Arbeit vergeblich sein würde. Die Blössen sind entweder mit Laubholz aufzuforsten, oder wo dies aus irgend einem Grunde unthunlich erscheint und man zum Nadelholz greift, da sind die jungen Aufforstungen im Auge zu behalten, um rechtzeitig neuen Erkrankungen durch Ausreissen der inficirten Pflanzen zu begegnen.

Trametes Pini*).

Dieser Parasit ist in den Kiefernbeständen Norddeutschlands ungemein verbreitet, in Süddeutschland scheint er weniger häufig zu sein, doch habe ich ihn neuerdings nahe bei München in Fichtenbeständen gefunden. Er kommt ferner in den Fichtenbeständen des Harzes, Thüringerwaldes, Schlesiens und endlich auch in Lärchen- und Tannenbeständen des Riesengebirges vor.

*) R. Hartig, Wichtige Krankheiten d. Waldbäume S. 43. Zersetzungserscheinungen S. 32 Taf. V u. VI.

Er erzeugt die sogenannte Rindschäle, Ringschäle oder Kernschäle, die fast immer von den Aesten, also meist von der Krone der Bäume ausgeht.

Die braunen, holzigen, ein Alter von 50 Jahren erreichenden Fruchtträger kommen bei der Kiefer und Lärche nur an Aststellen (Fig. 35), bei den Fichten und Tannen auch direct aus der Rinde hervor und variirt ihre Gestalt zwischen Krustenform und Console.

Die an diesen Fruchtträgern alljährlich entstehenden Sporen werden durch den Wind zerstreut, und wenn sie auf eine frische Astwundstelle gelangen, welche durch Harzüberzug nicht geschützt ist, so dringt der Keimschlauch ein und wächst in den Holzstamm, theils aufwärts, theils abwärts wandernd. Jüngere Bäume sind desshalb vor Infection gesichert, weil etwaige Verwundungen sehr schnell durch austretendes Terpentinöl geschützt werden. Erst von dem Alter an, in welchem ein wasserarmes Kernholz sich bildet, in welchem das Terpentinöl ein Bestandtheil der Wandung wird, tritt dasselbe nicht mehr aus dem mittleren Theile einer Astwunde hervor, derselbe wird angriffsfähig für Pilzsporen und desshalb sieht man diese Zersetzung selten vor dem 50sten Jahre auftreten.

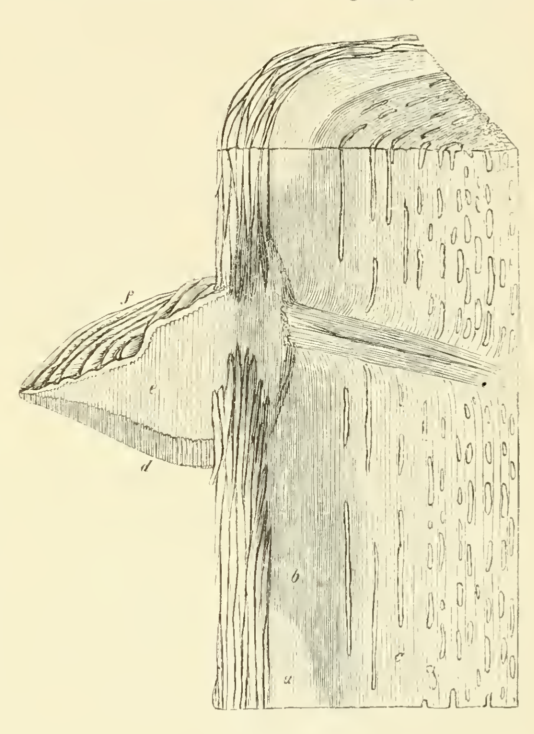


Fig. 35.

Kiefernstammstück mit Fruchtträger von Trametes Pini. *a* Gesundes Splintholz. *b* Verkientes Holz in der Nähe des Fruchtträgers. *c* Zersetztes Holz. *d* Sporenerzeugende Kanäle. *e* Zugewachsene ältere Kanäle. *f* Gezonte Oberseite. $^1/_2$ natürl. Grösse.

Das Mycel wächst mit Vorliebe in der Längsrichtung des Stammes, die Verbreitung in horizontaler Richtung erfolgt mit grösserer Geschwindigkeit innerhalb derselben Jahresringe und so kommt es, dass oftmals die Zersetzung als Ringschäle auftritt, d. h. in peripherischen Zonen um einen Theil oder um den ganzen Stamm stärker vorgeschritten ist. Das Holz färbt sich zunächst etwas tiefer rothbraun, sodann treten hier und da weisse Flecke oder Löcher auf, die zumal bei der Kiefer gern im Frühjahrsholze desselben Jahresringes bleiben und

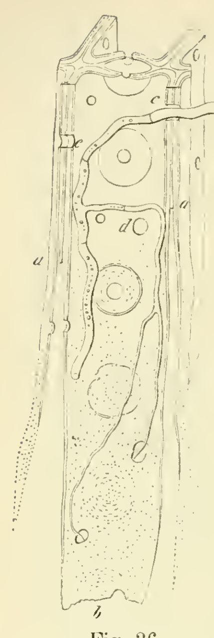


Fig. 36.

sich in der Längsachse des Stammes vergrössern, so dass die harzreichen Herbstholzzonen lange Zeit hindurch allein übrig bleiben, bevor auch sie der Zersetzung anheimfallen. (Tafel III, Fig. 2.)

Auf der Grenze zwischen Splint und zersetztem Holze bildet sich eine harzreiche Zone, die dem Vorrücken des Pilzmycels nach aussen hindernd entgegentritt. Nur bei der harzarmen Tanne und an Fichtenästen fehlt diese Zone an den mir vorliegenden Objecten, wesshalb auch der Pilz bis zur Rinde und in diese hinein leicht vorzudringen vermag. Die Fermentwirkung des Parasiten äussert sich da, wo weisse Stellen auftreten, ähnlich der bei Tram. radicip. beschriebenen. Der Holzstoff wird aus der Wand extrahirt und reine Cellulose bleibt zurück. Die Mittellamelle löst sich alsbald nach Verlust des Holzstoffes völlig auf, so dass die Tracheiden vor der völligen Auflösung isolirt werden. (Fig. 36 *aa—b*). Die das Lumen begrenzende innerste Lamelle erhält sich am längsten und zeigt feine Körnelung vor der Auflösung.

Gesundes Kiefernholz enthält:

51,65 % C.
6,13 % H.
42,22 % O + N.

Durch Trametes Pini zerstörstes Holz dagegen

51,25 % C.
5,93 % H.
42,82 % O + N.

Die Veränderung in der chemischen Zusammensetzung ist somit verschwindend klein, obgleich an dem untersuchten Holze bereits die Hälfte der Substanz in Wasser und Kohlensäure umgewandelt war.

Die grosse Hauptmasse des Holzes wird aufgelöst ohne hierbei in Cellulose umgewandelt zu werden.

Zur Fruchtträgerbildung kann es erst dann kommen, wenn sich der Pilz im Innern des Baumes reich entwickelt hat; es wandert dann das Mycel an solchen Stellen, wo todte Aststutzen die Splintschicht durchsetzen, nach aussen und entstehen dort die Fruchtträger, nach deren gewaltsamer Entfernung sich in der Regel eine Mehrzahl neuer Fruchtträger in kurzer Zeit bildet.

Es ist desshalb auch mit der Beseitigung dieser nicht gedient, vielmehr müssen die „Schwammbäume“ bei den Durchforstungen und „Totalitätshauungen“ immer entfernt werden. Man beseitigt damit die Gefahr der In-

fection und nützt den Stamm noch, bevor er völlig durch die fortschreitende Zersetzung entwerthet ist. Oftmals ist die Krankheit, wenn schon „Schwämme" am oberen Schafte zum Vorschein kommen, in den unteren werthvollen Stammtheil nicht hinabgestiegen und kann nach Ablängung des oberen Theiles noch ein gutes Nutzende liegen bleiben. Wartet man mit der Wegnahme der Schwammbäume bis zum Abtriebe des Bestandes, dann erhält man nur sehr geringwerthiges Anbruchholz. Selbstredend ist auch dem frevelhaften Abreissen oder Absägen grüner Aeste zu steuern, um die Möglichkeit der Infection zu vermindern. Alte, von selbst abgestorbene Aeste können von dem Pilze nicht angegriffen werden.

In der Nähe der Städte und Dörfer, wo viel gefrevelt wird, zeigt sich diese Krankheit am häufigsten, ebenso allerdings in Bestandslagen, welche dem Winde am stärksten exponirt sind und somit häufige Astbrüche zeigen.

Polyporus fulvus.*) Taf. IV.

Der Polyporus fulvus erzeugt eine Art von Weisstannenweissfäule und tritt besonders gern in Verbindung mit der Seite 69 beschriebenen Weisstannenkrebskrankheit auf. Offenbar erfolgt die Infection in der Natur mit Vorliebe an solchen Stellen der Krebsbeulen. wo die Rinde aufgeplatzt ist und der Holzkörper frei liegt. Fig. 22 rechts. Das Mycel ist anfänglich sehr kräftig, hat eine gelbliche Farbe (Fig. 11) und entwickelt zahlreiche kurze Seitenäste, die darmartig verschlungen sind und gern den Hofraum der Tracheidentüpfel ausfüllen. Von diesem kräftigen Mycel entspringen einzelne äusserst zarte Seitenhyphen, welche sehr feine Bohrlöcher in den Wandungen veranlassen. Mit fortschreitender Zersetzung tritt an die Stelle des ersten Mycels ein farbloses schwächeres mit einfachen, fadenförmigen Hyphen. (Fig. 12.) Die Tüpfelwandungen sind mehr oder weniger zerstört und die anfangs kleinen Bohrlöcher ungewöhnlich vergrössert. Erst in höheren Zersetzungsstadien (Fig. 13) sieht man, dass die Mittellamelle zuerst verschwindet und dann die inzwischen schon sehr verdünnten inneren Wandungen, die einige Zeit hindurch isolirt sind, aufgelöst werden. In diesem Stadium ist das Mycel von äusserster Feinheit. (Fig. 13, 14.) Das Weisstannenholz erscheint gelblich und zeigt bei genauer Betrachtung und glattem Schnitte, längliche helle Flecken. (Fig. 10.) Auf der Grenze gegen das gesunde Holz veranlassen die kräftigen, gelbgefärbten Hyphen die Entstehung dunkler schmaler Linien.

Die chemische Analyse gesunden Weisstannenholzes ergab

51,43 C.
5,96 H.
42,61 O + N, während

*) R. Hartig, Die Zersetzungserscheinungen des Holzes. Seite 40 ff.

weissfaules Tannenholz

49,61 C.
6,10 H.
44,29 O + N zeigte. Somit hat die Zersetzung eine Minderung des Kohlenstoffgehaltes zur Folge gehabt.

Da das Weisstannenholz nicht im Stande ist, durch Bildung einer stärkeren Harzzone das Vordringen des Mycels in die jüngsten Holzschichten zu verhindern, so wächst dasselbe auch leicht nach aussen in den Rindenkörper hinein und treten auf diesem durch gleichmässiges Hervorwachsen des Mycels die Fruchtträger zum Vorschein. Anfänglich halbkugelförmig (Fig. 1) nehmen sie im Laufe der Jahre immer mehr Consolenform an. (Fig. 2, 3.) Sie sind äusserlich auf der Hymenialfläche gelbbraun, im Uebrigen aschgrau, fast glatt, ohne Zonen und nur mit äusserst zarten Punkten oder Grübchen übersäet. Das Innere ist löwengelb, glänzend, zeigt deutliche Zonen mit Ausnahme der Porencanäle, welche alljährlich sich nach unten verlängern, ohne irgend welche Zonen zu zeigen. Die Hymenialschicht im Innern der Canäle besteht aus nahezu kugelförmigen Basidien, welche durch Anschwellung der Randhyphen entstehen (Fig. 6) und unter einander zu einer Schicht verwachsen (Fig. 7, 8, 9). Sehr feine Haare entstehen erst in dem älteren Canaltheile, woselbst sich auch reichliche Krystalle von oxalsaurem Kalk (Fig. 7 *e*) ablagern und dem Canal eine weissliche Farbe verleihen. Sehr eigenthümlich ist der Verlauf der Hyphen in den Wandungen der Canäle (Fig. 5), welche die Richtung beibehalten, die sie in dem canallosen Theile des Fruchttägers (Fig. 5 *d*) besitzen, also nicht mit der Canalwandung in senkrechter Richtung abwärts wachsen. Die Erfahrung, dass Weisstannen mit Krebsbeulen früher oder später bei Schneedruck oder Sturm an der Krebsstelle brechen, hat in vielen Revieren z. B. im württembergischen Schwarzwalde dahin geführt, bei jeder Durchforstung alle Krebsstämme, auch wenn dies dominirende Bäume sind, zu fällen. Dadurch wird der Verbreitung des Polyporus fulvus am sichersten entgegen getreten.

Polyporus borealis*). Taf. V.

Der Polyp. borealis erzeugt eine höchst eigenartige Weissfäule der Fichte, die ich zwar auch im Harze hier und da beobachtete, die aber in den Salzburger- und bairischen Alpen und in den Fichtenbeständen bei München zu den allerverbreitetsten gehört. Infection und Fruchtträgerbildung erfolgen oberirdisch. Die Fruchtträger (Fig. 7) fallen durch die weisse Färbung schon von weitem auf, sind annuell, mehr oder weniger consolenförmig, oft in der Mehrzahl übereinander stehend und unter-

*) R. Hartig, Zersetzungserscheinungen, Seite 54 ff.

einander verwachsen. Sie sind sehr wasserreich, auf den Flächen etwas zottig, ohne Zonen; die Substanz des Hutes (Fig. 7 *b*. 9) besteht theils aus dickwandigen, theils aus sehr zarten Hyphen und letztere sind es, von denen einestheils die Basidien der Hymenialschicht, (Fig. 8* *b*) anderentheils die kegelförmigen Haare in derselben gebildet werden. Fig. 8* *c*. Die Fig. 8 ist nach einem alten, vertrockneten Exemplare, Fig 8* nach einem jugendlichen frischen Fruchtträger angefertigt. Im letztern Zustande ist ein Unterschied zwischen dickwandigen und zarten Hyphen noch nicht erkennbar.

Das Holz verändert seine Farbe in Folge dieser Zersetzung nur wenig. Es wird bräunlichgelb und in dem Frühjahrsholze eines jeden Jahrringes entstehen in senkrechten Abständen von 1—$1^1/_2$ mm über einander horizontal verlaufende, vom Mycelium erfüllte Lücken, die dem Holze ein Ansehen gewähren, das einigermassen dem feinsten Schriftgranit ähnelt. Fig. 1, 2.

Das Holz wird dabei immer leichter und mürber, zeigt aber noch im letzten Stadium der gänzlichen Auflösung jene eigenartige Structur. Wird das Holz im Anfange seiner Zersetzung freigelegt, ohne auszutrocknen, dann wächst das Mycel nach aussen hervor und bildet weisse Pilzhäute (Fig. 2 *c*), deren Mycelfäden vorwiegend in horizontaler Richtung verlaufen. Fig. 10.

Wachsthum und zersetzende Wirkung ist in mehrfacher Richtung charakteristisch. Die im ersten Stadium der Zersetzung gelb gefärbten kräftigen Hyphen (Fig. 4 *a*, *b*) werden mit vorschreitender Zersetzung durch immer zartere Fäden ersetzt, bis zuletzt Hyphen sich bilden, die nur bei sehr starken Vergrösserungen noch deutlich erkennbar sind (Fig. 4, 5, 6). Das Mycel hat ein ausgesprochenes Bestreben, theilweise in horizontaler Richtung rechtwinklig zur Längsaxe der Organe zu wachsen (Fig. 4 *t*) und hat dies insbesondere zur Folge, dass jene horizontalen Lücken im Holze (Fig. 3 *d*) entstehen. Wesshalb diese nur in bestimmten Abständen von einander sich bilden, vermochte ich nicht zu ergründen. Die Auflösung der Zellwände erfolgt vom Lumen aus, nachdem schichtenweise eine Umwandlung der Holzsubstanz in Cellulose vorangegangen ist. (Fig. 5. 6.) Die feine Mittellamelle widersteht am längsten (Fig 6) und wird erst in Cellulose verwandelt und aufgelöst, nachdem die inneren Wandungstheile völlig verschwunden sind.

Polyporus vaporarius*).

Dieser und der folgende Parasit Pol. mollis erzeugen eine Zersetzung, welche die grösste Aehnlichkeit mit der durch den Hausschwamm Merulius lacrymans hervorgerufenen Zerstörung besitzt und sich von derjenigen Zersetzungsart, die Taf. VII, Fig. 2 dargestellt ist, im Wesentlichen nur durch das Fehlen der Mycellappen in den Holzspalten unterscheidet.

*) R. Hartig, Zersetzungserscheinungen, Seite 45 ff. Taf. VIII.

Polyp. vaporarius kommt an Fichten und Kiefern vor, inficirt sowohl Wurzeln, als oberirdische Wundflächen und dringt zumal gern an Schälstellen des Rothwildes ein. Das Holz wird rothbraun, trocken, rissig und immer ähnlicher dem halb verkohlten Zustande. Zwischen den Fingern gerieben zerfällt es in ein gelbes Mehl. Das Pilzmycel entwickelt sich in den Spalten oder zwischen todtem Holz und Rinde gern in Gestalt weisser, reich verästelter, wollig filziger Stränge, ähnlich manchen Mycelbildungen des Hausschwammes, und vermuthe ich, ohne jedoch direkte Beobachtungen gemacht zu haben, dass diese an den todten Wurzeln und Stöcken wuchernden Mycelstränge eine unterirdische Infection der Nachbarbäume auszuführen vermögen. Die Fruchtträger bestehen in einer dünnen, weissen Kruste, welche auf zersetztem Holze oder auf todter Rinde sich bildet und die Porenschicht trägt.

Polyporus mollis*).

Dieser Parasit ist von mir nur an Kiefern beobachtet. Er erzeugt eine der vorigen sehr ähnliche Zersetzungsart, doch fehlen jene weissen, verästelten Mycelstränge und wächst das Mycel höchstens als feine kalkartige Kruste aus den Spaltenwänden hervor. Höchst eigenartig und intensiv ist der Geruch des Holzes, der an Terpentingeruch erinnert, ohne damit völlig identisch zu sein.

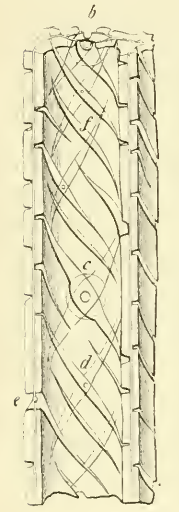


Fig. 37.

Die Fruchtträger erscheinen am todten Holze oder aus Borkenrissen der stehenden lebenden Bäume in Gestalt rothbrauner Polster, die sich später zu undeutlichen Consolen entwickeln. Die Porenschicht ist jung gelbgrün, färbt sich aber bei der leisesten Berührung tiefroth.

Die Tracheiden zeigen bei höherer Zersetzung spiralige Risse und Spalten Fig. 37, ähnlich, wie ich dies für Eichenholz Taf. VII, Fig. 7 *g. l*, gezeichnet habe. Offenbar sind diese Spalten Folge des Schwindens der immer ziemlich trocken bleibenden Substanz. Sie sind auch die Ursache der leichten Zerreiblichkeit des Holzes.

Der Pol. vaporarius zeigt auch Risse und Spalten in den Zellwänden, doch verlaufen sie nicht im ganzen Umfange des Zelllumens, sondern sind klein und in grosser Zahl senkrecht übereinanderstehend. Die chemische Analyse ergab eine Zusammensetzung von

61.23 % C
5.69 % H
33.08 % O + N

*) R. Hartig, Zersetzungserscheinungen, Seite 49 ff. Taf. IX.

mithin eine Steigerung des Kohlenstoffgehaltes von 51.65 % auf 61.23. In der That ähnelt der Process einigermassen der Verkohlung, und besteht vielleicht in einer Auflösung der Cellulose unter Zurücklassung der kohlenstoffreichen Ligninsubstanz.

Polyporus sulphureus*).

Taf. VII.

Einer der verbreitesten Parasiten der Eiche, der Baumweiden, Pappeln, Nussbäume und Birnbäume ist Polyporus sulphureus. Neuerdings habe ich ihn in Tyrol auch auf Larix europaea als Parasiten auftretend gefunden.

Die Infection erfolgt an Astwunden und das Mycelium verbreitet sich schnell im Holzkörper, denselben rothbraun färbend und austrocknend. Das Holz erhält zahlreiche Risse, in welche hinein das Mycel wächst und colossale, aus verfilzten Hyphen bestehende Häute (Fig. 2, 3) bildet. Bei den Eichen füllen sich die Gefässe schon in frühem Zersetzungsstadium mit dichter Pilzmasse (Fig. 7 *k*) sodass die Poren im Querschnitt als weisse Punkte, in der Längsansicht als weisse Linien erscheinen (Fig. 1). Das Ferment des Pilzes veranlasst eine Veränderung der Stärkekörner, die den durch Jod sich blaufärbenden Bestandtheil derselben, die Granulose, am längsten erhält, oder vielleicht die ganze Substanz des Stärkekorns in solche Granulose umwandelt und dann auflöst. (Fig. 8 *d. g.*) Die Wandungen der Holzelemente werden gebräunt, sehr kohlenstoffreich, schrumpfen stark zusammen (Fig. 9), zeigen aber bei Behandlung mit quellenden Reagentien, z. B. dünner Kalilauge, die spiraligen Risse, die immer im Innern der Faser von rechts nach links aufwärtssteigen und niemals in die Mittellamelle vordringen. Fig. 7 *f, h, k.* Fig. 8 *g. h. l.*

Da, wo alte Aststutzen oder Baumwunden anderer Art dem Mycel ermöglichen, nach aussen zu gelangen, wächst alljährlich eine Gruppe von fleischigen, unterseits hellschwefelgelben, oberseits hellrothgelben Fruchtträgern hervor (Fig. 4.), die durch ihre Grösse und weithin leuchtende Farbe die Aufmerksamkeit des Beobachters leicht auf sich lenken. Die Hutsubstanz (Fig. 5 *b* u. Fig. 8 *a*) zeigt eine weisse Farbe und käsige Beschaffenheit. Die Porencanäle (Fig. 5 *c* Fig. 6 *b, c*) zeigen eine Hymenialschicht mit keulenförmigen Basidien. Erkrankte Bäume sterben, bevor sie vom Sturm gebrochen werden, recht oft auf der einen oder andern Seite bis zur Rinde hin ab, diese vertrocknet, fällt ab und das rothbraune faule Holz fällt dann aus dem Bauminnern heraus. Es dringen von aussen nachträglich Pseudoschmarotzer ein, die auch von dem lappigen Mycel des Polyp. sulphureus zu leben scheinen und eigenthümliche kugelförmige Anschwellungen zeigen, deren Bedeutung mir nicht klar geworden ist (Fig. 10, 12). Die meisten hohlen Eichen und Weiden

*) R. Hartig, Die Zersetzungserscheinungen, Seite 110 ff.

zeigen die vorstehend beschriebene Zersetzungsform. Die chemische Analyse ergab für gesundes Eichenholz

49.24 C
5.47 H
45.29 O + N,

dagegen für zersetztes Eichenholz

55.18 C
5.10 H
39.72 O + N,

also ähnlich wie bei Pol. mollis eine bedeutende Kohlenstoffsteigerung.

Concentrirtere Kalilauge löst das Holz fast vollständig auf.

Polyporus igniarius*).

Der gemeinste Parasit der meisten Laubholz- wie Obstbäume ist der falsche Feuerschwamm, dessen holzzerstörende Wirkung ich insbesondere bei Eichen genauer untersucht habe.

Die Infection erfolgt theils an Aesten, theils an Rindenwunden und das Mycelium verbreitet sich schnell von da aus im Holzkörper. Zunächst färbt sich das Holz tiefbraun und dann folgt eine hellgelbweisse Zersetzung, die häufigste Art der Weissfäule der Eiche. Taf. III, Fig. 6. Das gelbweisse Holz wird immer leichter, weicher und ähnelt in seinen Eigenschaften in etwas der zur Papierfabrication hergestellten Holzcellulosemasse. Die anfänglich sehr kräftigen, späterhin äusserst zarten und die ganzen Organe ausfüllenden Hyphen veranlassen eine Zersetzung, bei welcher zunächst die innern Wandungsschichten in Cellulose umgewandelt und aufgelöst werden, bevor auch die Mittelamelle, die als zartes Skelett sich lange Zeit erhält, in Cellulose verwandelt und aufgelöst wird.

Der Process hat mithin grosse Aehnlichkeit mit dem für Polyp. borealis beschriebenen und dargestellten. Die Fruchtträger, welche meist unmittelbar aus der vom Pilzmycel durchwachsenen Rinde hervorkommen, sind anfänglich halbkugelförmig, später nehmen sie mehr oder weniger die Hufform an. Sie sind bekannt genug und sei nur noch bemerkt, dass sie im Gegensatz zu Pol. fulvus, dessen äussere Gestalt, Taf. IV, eine ähnliche ist, concentrische Zonen und oft noch Risse in der Oberfläche zeigen, während im Innern die Zonen auch durch die Porenkanalschichten sich fortsetzen.

Bei diesem Parasiten erfolgt nachweislich leicht die Infection von einer Baumart auf die andere. Kranke Obstbäume können benachbarten Eichen u. s. w. gefährlich werden.

---

*) R. Hartig, Zersetzungserscheinungen, Seite 141 ff., Taf. XV und XVI.

Polyporus dryadeus*).

Dieser Eichenpilz veranlasst eine Zersetzungsform (Taf. III, Fig. 3), bei welcher längliche, theils weisse, theils gelbliche Flecken mitten im festen, die ursprüngliche Kernholzfarbe bewahrenden Holze auftreten. Die weissen Flecken bestehen aus Elementen, die in Cellulose umgewandelt und durch Auflösung der Mittellamelle isolirt sind. Die gelblichen Stellen dagegen zeigen eine Zerstörung der Zellen, die der durch Polyp. igniarius sehr ähnlich und durch längste Widerstandsfähigkeit der Mittellamelle ausgezeichnet ist. Die weissen Stellen werden am ehesten aufgelöst und entstehen dadurch Löcher, eingefasst von sehr harten Wandungen. Unter lebhaftem Luftzutritt färbt sich das Holz zimmetbraun und verwandelt sich in eine aus braunen, derben Hyphen bestehende Pilzmasse.

Die grossen hufförmigen annuellen Fruchtträger sind zimmetbraun und kommen an alten Aststellen oder aus der Rinde hervor. Sie sind von geringer Dauer und findet man nur selten intakte Exemplare.

Wenn Pol. dryadeus und igniarius gleichzeitig in einer Eiche sich verbreiten und ihre Hyphen sich begegnen, so entsteht auf der Grenze eine eigenartige Zersetzungsform, indem das Holz gelblichweiss und ähnlich der von Pol. igniarius allein herstammenden Zersetzung wird, sämmtliche grössere Markstrahlen aber schneeweisse Bänder darstellen, deren Untersuchung ergiebt, dass sie oft nur aus völlig unveränderten Stärkemehlkörnern bestehen, während die Zellwandungen fast völlig aufgelöst und verschwunden oder in Cellulose umgewandelt sind.

Hydnum diversidens**).

An Eichen und Rothbuchen findet sich häufig ein Parasit, dessen Fruchtträger gelbweiss, theils krusten-, theils consolenförmig und dadurch ausgegezeichnet sind, dass die Hymenialschicht auf ungleichlangen abwärts gerichteten Stacheln sich befindet. Die Hymenialschicht ist anfänglich eine einfache. Periodisch verdickt sich dieselbe, indem die Hyphen zwischen die letzte Schicht hindurchwachsen und ein neues Hymenium bilden. Dieser Prozess wiederholt sich zumal an dem unteren Theile der Stacheln 5—8 mal, wodurch diese sich stark verdicken und die Hymenialschicht 5—8mal geschichtet erscheint.

Die Zersetzung, welche von den inficirten Wundstellen (Fig. 80) des Stammes ausgeht, veranlasst ebenfalls eine Weissfäule. Die Färbung ist eine gelblich aschgraue, anfänglich streifenweise abwechselnd mit einer hellbräunlichen Farbe, die insbesondere längere Zeit den Markstrahlen verbleibt. In

*) R. Hartig, Zersetzungserscheinungen, Seite 124 Taf. XVII.

**) Ebendas., Seite 124 ff. Taf. XII.

höheren Zersetzungsstadien entstehen schneeweisse Mycelhäute an Stelle einzelner stark zersetzter Frühjahrschichten.

Das Eigenthümliche in der Fermentwirkung besteht darin, dass die inneren Zellwandschichten, ohne in Cellulose sich zu verwandeln, zu einer Gallerte aufquellen, bevor sie völlig aufgelöst werden, während die Mittellamellen am längsten der Auflösung widerstehen

Thelephora Perdix*).

Taf. VI.

Eine durch ganz Deutschland weit verbreitete Erkrankungsform des Eichenholzes ist die, welche ihrer eigenartigen Färbung wegen Rebhuhnholz genannt wird, indem man dieselbe verglich mit dem weiss gesprenkelten Gefieder bestimmter Körpertheile des Rebhuhns. Das kranke Holz färbt sich zunächst tief rothbraun und dann treten in einem gewissen Zusammenhange mit grossen Spiegelfasern weisse Flecken auf dunklem Grunde zum Vorschein, die sich in weiss ausgekleidete scharf umgrenzte Höhlungen umwandeln (Fig. 1). Mit zunehmender Grösse der Höhlungen, die von einander durch feste braune Holzwände getrennt sind, erhält das Holz bald eine Aehnlichkeit mit manchen durch Ameisen zerfressenen Hölzern und in der That wird es oft mit solchen verwechselt. Es ist hervorzuheben, dass jede Höhlung für sich geschlossen bleibt, bis die völlige Zerstörung eintritt. Das Mycelium veranlasst im Eichenholz zuerst eine Bräunung des Inhaltes der parenchymatischen Organe. Die Stärkekörner verlieren die blaue Reaction auf Jod allmälig von aussen nach innen fortschreitend und bleiben farblose Hüllen zurück, die zuletzt ebenfalls zerstört werden. (Fig. 12 *o—r*, *x*.)

Da, wo die weissen Flecken entstehen, sowie in der Wandung der weissen Höhlungen werden sämmtliche Organe in Cellulose verwandelt, die Mittellamelle aufgelöst und dadurch Isolirung der einzelnen Elemente des Holzes bewirkt. Fig 12 *u*, *v*, *w*. Fig. 10 *l—q*. Auffälligerweise verändert sich der Zersetzungsprocess in der Umgebung der Höhlungen, wenn solche grösser geworden sind, wie in Fig. 2. Diese erscheinen dann nicht mehr weiss, sondern graugelb, zeigen reichlichen Mycelfilz, welcher die Wandungen an zahllosen Stellen durchbohrt (Fig. 11 u. Fig. 12 *x—z*.) Eine Umwandlung in Cellulose findet nicht statt, vielmehr erfolgt die Auflösung der Substanz theils durch Vergrösserung der Bohrlöcher theils durch Verdünnung der Wandungen vom Lumen aus.

Da wo Luft zutritt und Durchtränkung des Holzes mit Wasser stattfindet, ist der Prozess ein combinirter, halb Wundfäule, halb Zersetzung durch den Parasiten. Ein solcher Zersetzungszustand ist Fig. 12 *a—h* dargestellt.

Wo sich Spalten oder andere Hohlräume im kranken Holze befinden, oder

*) R. Hartig, Zersetzungserscheinungen, Seite 103 ff.

auf der Aussenseite getödteter Aeste entstehen die Fruchtträger des Parasiten, (Fig. 3 — 8.) als 1 mm bis 1 cm grosse Krusten auf dem Holze. Dieselben sind braungelb gefärbt und bestehen aus einer Schicht rechtwinkelig zur Oberfläche stehender Hyphen, die in etwas keulenförmig gestaltete, mit eigenthümlichen haarförmigen Verdickungen besetzte Basidien enden. Fig. 7, 8. Nur ein Theil derselben erzeugt je 4 Sporen, die steril bleibenden wachsen in einer folgenden Vegetationsperiode zu einer neuen Hymenialschicht aus, wobei sie sich hier und da durch Seitensprossung verästeln. Ein Fruchtträger zeigt im Durchschnitt (Fig. 4, 5, 6), je nach seinem Alter mehr oder weniger Schichtungen, von denen nur die jüngste eine helle Färbung besitzt, die älteren dagegen tiefbraun gefärbt sind. (Fig. 3 *b*, 6 *a*.) Nach dem schliesslichen Absterben erscheinen die Fruchtträger völlig dunkelbraun. (Fig. 3 *c*.)

Stereum hirsutum*).

Eine sehr auffällige und charakteristische Zersetzungsform der Eiche ist die durch Stereum hirsutum hervorgerufene. In der Praxis wird es als „gelb- oder weisspfeifiges" Holz bezeichnet. Meist in bestimmt concentrischen Zonen, die anfänglich einseitig, später um den Stamm geschlossen sind, tritt zunächst Bräunung ein, worauf dann stellenweise schneeweisse oder gelbliche Streifen im Längschnitte, weisse Punkte im Querschnitte (Fliegenholz) (Taf. III, Fig. 5) auftreten. Oft wird auch das ganze Holz gleichmässig in eine gelbliche Masse verwandelt und zwar dann, wenn dem Sauerstoff der Luft der Zutritt sehr erleichtert ist, wie im Splintholz, an Aststutzen u. s. w. Es scheint auch kaum zweifelhaft zu sein, dass dieser Pilz als Saprophyt eine grosse Rolle spielt und an natürlich absterbenden Aesten sich ansiedelt. Das Mycel verändert in den weissen Streifen das Holz in Cellulose, die Mittellamelle verschwindet bald, so dass die Organe isolirt werden; in den gelblichen Holzpartieen dagegen schreitet, wie bei Pol. igniarius die Auflösung vom Lumen aus vor und eine Umwandlung in Cellulose geht nicht voraus. Die Fruchtträger entwickeln sich meist auf der Rinde anfänglich als Krusten, später mit deutlich horizontal abstehendem oberem Rande, welcher auf der Aussenseite rauh behaart, braun und schwach gezont ist.

Agaricus melleus**). Der Hallimasch oder Honigpilz.

Zu den verbreitetsten und verderblichsten Parasiten gehört der Hallimasch oder Honigpilz, Agaricus melleus. Derselbe lebt als solcher an sämmtlichen Nadelholzbäumen Europas, tödtet auch die aus Japan, Ame-

*) R. Hartig, Zersetzungserscheinungen, S. 129 ff. Taf. XVIII.

**) R. Hartig, Wichtige Krankheiten d. Waldbäume 1874 S. 12 ff. Taf. I u. II. R. Hartig, Zersetzungserscheinungen, S. 59 ff. Taf. XI Fig. 1—5.

rika u. s. w. bei uns eingeführten Coniferen und ist von mir sogar im verkieselten Holze des Cupressinoxylon erkannt worden. Unter den Laubholzbäumen scheint er auf Prunus avium und Pr. domestica als Parasit aufzutreten, dagegen kommt er überall als Saprophyt nicht nur an todten Wurzeln und Stöcken sämmtlicher Laub- und Nadelholzbäume, sondern auch an verbautem Holze an Brücken, in Wasserleitungsröhren, Bergwerken u. s. w. vor.

Die Krankheit tritt oft schon an 3—5jährigen Pflanzen auf, tödtet aber auch 100jährige Fichten, Kiefern u. s. w. und erkennt man sie daran, dass nach Entfernung der Rinde am Wurzelstock und an den Wurzeln ein schneeweisses derbes Mycelium (Fig. 39, *cc*) zum Vorschein tritt, welches an älteren Stämmen zuweilen 3 m und höher unter der Rinde der noch lebenden Bäume emporsteigt. An den Wurzeln sieht man mehr oder weniger zahlreiche, schwarzbraune, glänzende, hier und da sich verästelnde Stränge von 1—2 mm Durchmesser haften, welche in Verbindung mit den weissen Mycelflächen unter der Rinde stehen, die Wurzeln aber auch hier und da nur äusserlich umklammern.

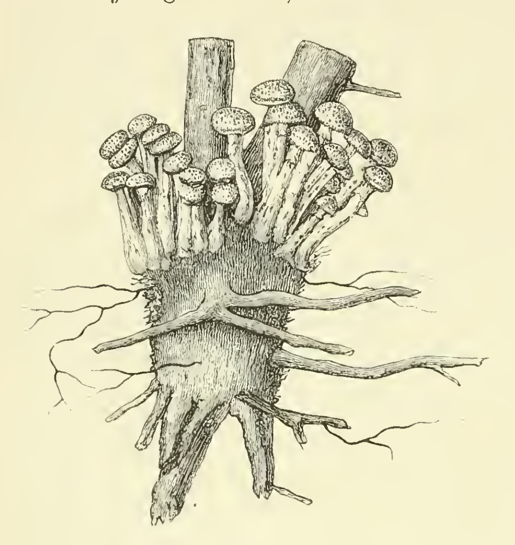


Fig. 38.
Junge Kiefer von Agaricus melleus getödtet, mit vielen Fruchtträgern, welche aus der Rinde des Wurzelstockes hervorgebrochen sind. An den Wurzeln finden sich verästelte Rhizomorphenstränge.

Den stärkeren Wurzeln haftet äusserlich oft eine grosse Menge von Terpentinöl und Harz an, das mit den Erdtheilchen vermengt eine feste Masse um den Wurzelstock bildet, Fig. 38. Die erkrankten Pflanzen sind selten früher als ein Jahr vor ihrem schnell eintretenden Tode durch bleiche Färbung oder kurze Triebe zu erkennen. Gräbt man aber eine scheinbar völlig gesunde Pflanze aus unmittelbarer Nähe einer sichtbar erkrankten oder todten Pflanze sorgfältig aus, so wird man in der Regel an deren Wurzeln eine oder mehrere Infectionsstellen entdecken, woselbst ein schwarzer Mycelstrang, Rhizomorpha subterranea sich in die Rinde eingebohrt hat (Fig. 39 *a*), und wenn man die Rinde sorgfältig abhebt, so erkennt man, dass sich von dei Einbohrungsstelle (Fig. 39 *b*) aus jener Strang zu einem schneeweissen Körper verbreitert, welcher im lebenden Rindengewebe sich weiter entwickelt hat und soweit dies geschehen, eine Bräunung, also Tödtung desselben bewirkte (Fig. 39 *cc*). Das in der lebenden

Rinde wachsende Mycel ist durch fächerförmige Ausbreitung und hautartige Gestalt ausgezeichnet und wird Rhizomorpha subcorticalis genannt. Es geht sehr leicht wieder in jene rundliche Strangform Rhizom. subterranea über, die einerseits aus den Wurzeln hervorwächst, anderseits zwischen Holz und Rinde sich weiter entwickelt, wenn der Baum getödtet und durch Zusammenschrumpfen der Rinde Platz für die Entwicklung dieser Stränge gegeben ist, die sich dann reichlich und zweigartig verästelnd, den todten Holzstamm netzartig umspinnen. Die den Wurzeln entspringenden Rhizomorphen verbreiten die Krankheit unterirdisch von Stamm zu Stamm, indem sie selten tiefer als 10 cm unter der Oberfläche fortwachsend sich in gesunde Nadelholzwurzeln einbohren, wenn sie auf diese stossen (Fig. 39). Im Herbste, von Ende August bis Oktober sieht man an den im Boden frei wachsenden Rhizomorphen, sowie aus der Rinde der durch den Parasiten getödteten Bäume, zumal am Wurzelstock (Fig. 38) die grossen bekannten Fruchtträger (Fig. 40) zur Entwicklung gelangen und verweise ich auf das, was ich hierüber an dem bezeichneten Orte veröffentlicht habe. Die Sporen dieser Hutpilze werden durch den Wind verbreitet oder verschleppt, entwickeln zunächst ein fädiges Mycel und aus diesem geht sodann die als Rhizomorpha bezeichnete Mycelform hervor, wie sehr leicht durch Sporenaussaat in Zwetschenextract zu beweisen ist. Die Krankheitserscheinungen sind nur erklärbar aus der eigenthümlichen Organisation der im Rindengewebe lebenden Mycelbildungen. Die Rhizomorphenspitze (Fig. 41) besteht aus zartem Scheinparenchym, welches durch Zelltheilungs- und Zellwachsthumsprocesse sich verlängernd, in gewisser Entfernung von der Spitze nach innen zu zarten Hyphen auskeimt und dadurch ein filzartiges Gewebe im Innern, Mark genannt, entstehen lässt. Die äusseren Theile des Scheinparenchyms (Fig. 41, *c*) dagegen verschmelzen untereinander zu

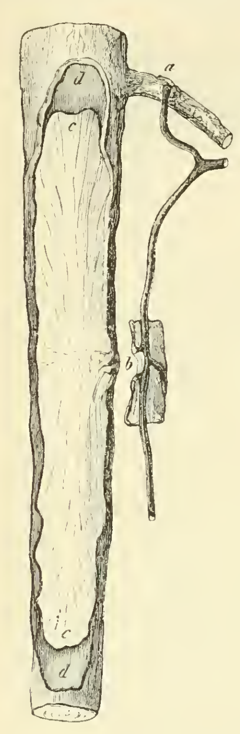


Fig. 39.
Lebende Fichtenwurzel mit zwei frischen Infectionsstellen, an denen der Rhizomorphenstrang *a b* in die Rinde eingedrungen ist. An der stärkeren Wurzel ist die Rinde von *d* bis *d* entfernt, um das bei *b* eingedrungene Mycel *c c* zu zeigen.

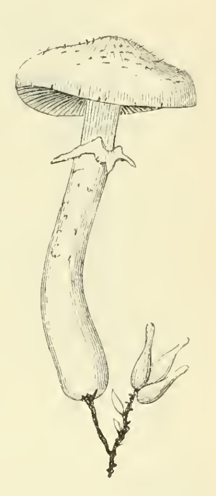


Fig. 40.
Fruchtträger von Agaricus melleus auf einem Rhizomorphenstrang entstanden, während ein Seitenzweig nur verkümmerte Fruchtträger trägt.

der sogenannten Rinde (Fig. 42 *d*), der im jugendlichen Alter zahllose zarte Hyphen entsprossen, die durch Vermittelung der Markstrahlen in den Holzkörper, zumal mit Vorliebe in die etwa vorhandenen Harzcanäle eindringen und in diesen aufwärts wachsen. Dieses fädige Mycelium eilt im Innern des Holzstammes dem in der Rinde wachsenden Rhizomorphen schnell voraus und zerstört das in der Umgebung der Harzcanäle befindliche Parenchym voll-

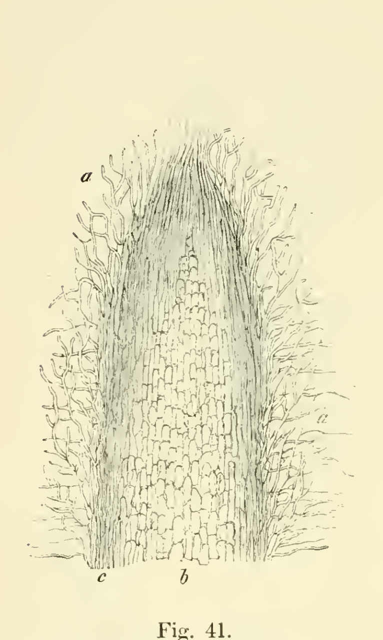


Fig. 41.
Längsschnitt durch eine Rhizomorphenspitze, deren äusseren Hyphen zahlreiche haarartige Fäden *aa* entspringen, während im Inneren die centralen Zellen sich in geringer Entfernung von der Spitze stark vergrössern *b*, während die in der Peripherie stehenden Hyphen *c* enger bleiben und zu dem Rindenscheinparenchym verschmelzen. Die inneren Zellen *b* sprossen später aus und erzeugen das feinfädige Mark. $^{45}/_{1}$.

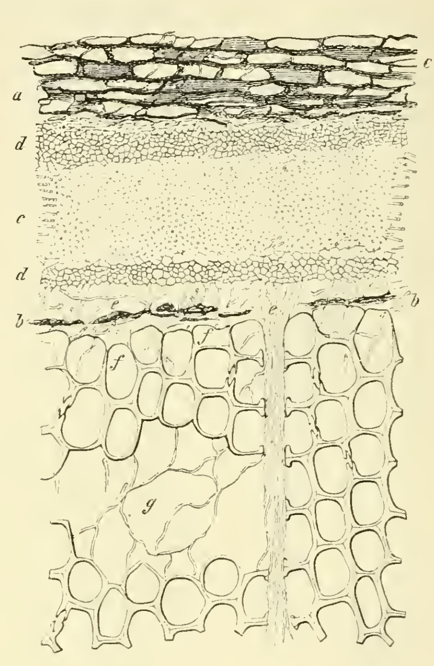


Fig. 42.
Querschnitt durch Rinde und Holz einer von Rhizomorpha getödteten Kiefernwurzel. *a* Getödtetes Bastgewebe. *b* Getödtete Cambialregion *c* Rhizomorphenmark. *d d* Rindenscheinparenchym des Rhizomorphenstranges. *e e* Hyphenfäden, welche von den Rhizomorphen in den Holzstamm wachsen. *f* Getödtete, unfertige Holzzellen. *g* Völlig zerstörter Harzgang, dessen parenchymatische Nachbarzellen ebenfalls aufgelöst sind.

ständig, wobei allem Anscheine nach eine theilweise Umwandlung des Zelleninhalts und der Zellwandungen in Terpentinöl stattfindet (Fig. 42). Das Terpentinöl senkt sich durch eigene Schwere abwärts und strömt im Wurzelstocke, woselbst die Rinde durch die Rhizomorpha getödtet und vertrocknet ist, nach aussen hervor, ergiesst sich theils zwischen Holz und Rinde, theils an Stellen, wo letztere beim Vertrocknen zerplatzt ist, frei nach aussen in die umgebenden Erd-

schichten. Die Krankheit wurde desshalb früher als „Harzsticken", „Harzüberfülle" bezeichnet. In den oberen Stammtheilen, soweit Cambium und Rinde noch gesund sind, strömt das Terpentinöl aus den zerstörten Kanälen auch seitwärts durch Vermittelung der Markstrahlkanäle dem Cambium und der Rinde zu. In letzterer veranlasst dieser Zudrang die Entstehung grosser Harzbeulen, im Cambium, wenn dieses im Sommer die neue Jahrringsbildung vermittelt, veranlasst es die Entstehung zahlreicher, ungemein grosser und abnorm gebildeter Harzkanäle, durch welche der Holzring des Krankheitsjahres sehr auffällig charakterisirt wird.

Aus den Markstrahlzellen und den Harzkanälen verbreitet sich allmälig das Mycel auch in die leitenden Organe des Holzkörpers und veranlasst eine Zersetzungsform, die als eine Art Weissfäule zu bezeichnen ist. Bei der von der Oberfläche des Stammes nach innen fortschreitenden Zersetzung tritt ein bestimmtes Stadium ein, welches für die Entwicklung des Mycels in hohem Grade fördernd ist. Dasselbe, welches zuvor einfach fädig und mit reichlichen Seitenhyphen versehen ist, entwickelt alsdann grosse blasenförmige Anschwellungen, ja die Hyphen verwandeln sich gleichsam in ein grossmaschiges Parenchym, welches ähnlich den Thyllen in den Gefässen mancher Laubholzbäume das Lumen der Tracheiden vollständig ausfüllt. Da in diesem Zustande das Mycel eine braune Färbung annimmt, erscheint die Region des kranken Holzes, in welcher derartiges Mycel sich befindet, dem unbewaffneten Auge als eine schwarze Linie. Meist ist nur eine 3—4 Tracheiden breite Zone mit solchem Mycel erfüllt, denn bald stirbt dasselbe ab, wird aufgelöst und ein einfach fädiges, zartes Mycel tritt an die Stelle. Die Wandungen der Holzelemente zeigen nunmehr Cellulosereaction und lösen sich vom Lumen aus schnell auf.

Da die Bäume vertrocknen, nachdem die Rhizomorphen von der inficirten Stelle der Wurzel aus den Stamm erreicht und von hier aus diejenigen Wurzeln, welche bisher gesund geblieben waren, ergriffen haben, so wird der Zersetzung des Holzstammes durch das Dürrwerden desselben in der Regel eine Grenze gesetzt, bevor das Mycel aus den Splintschichten in den Kern vorgerückt ist. Nur an Stöcken und Wurzeln verbreitet sich dieselbe schnell über das ganze Stamminnere.

Was die praktischen Maassregeln betrifft, die wir gegen diesen Parasiten ergreifen können, so sind diese dieselben, die ich gegen Trametes radiciperda empfohlen habe (cf. S. 80).

Die weitere Forschung wird zweifelsohne noch eine grössere Anzahl von Hymenomyceten kennen lehren, die als Ursachen von Baumkrankheiten sich ergeben.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die von mir noch nicht untersuchten Zersetzungsprocesse anderer Laubholzbäume zum grossen Theile einen para-

sitären Charakter besitzen. Ich erinnere an Polyporus betulinus (Birke); an Polyporus fomentarius (Rothbuche, Eiche und Birke) Polyporus marginatus (Rothbuche) u. s. w. Es bietet sich hier der weiteren Forschung noch ein reiches Feld.

Es liegt nicht in der Tendenz dieser Schrift, auch diejenige Zersetzungsprocesse zu besprechen, welche an gefälltem Holze auftreten, zumal diese noch kaum untersucht wurden. Im Allgemeinen nur will ich hervorheben, dass sie zum grösseren Theile ebenfalls durch Hymenomyceten vermittelt werden. Die in Frage kommenden Pilze verhalten sich aber ungemein verschieden bezüglich der Intensität ihrer Wirkung. Am schnellsten verbreitet sich das Mycelium des Hausschwammes Merulius lacrymans, und ist auch dessen Fermentwirkung die intensivste. Das Mycelium dieses Pilzes verbreitet sich ganz ähnlich dem des Polyporus vaporarius in zweifacher Weise; einmal in fädiger, reich sich verästelnder Gestalt im Innern des Holzkörpers, also für das unbewaffnete Auge nicht erkennbar und es vermittelt so eine Zersetzungsart, die bei oberflächlicher Betrachtung derjenigen gleicht, welche durch Polyporus sulphureus (Taf. VII), Polyp. vaporarius und mollis veranlasst wird. Das Holz wird rissig, schwindet in hohem Grade und nähert sich in seinen technischen Eigenschaften dem unvollständig verkohlten Holze. In Spaltenräumen oder auch auf der Oberfläche des Holzes entstehen, von jener ersteren Mycelform ernährt, reiche und kräftige Mycelhäute oder Stränge, ganz ähnlich denen des Polyp. vaporarius. Diese verbreiten sich auch auf Steinplatten, in Mauerritzen u. s. w. und entwickeln auf ihrer Oberfläche unter günstigen Umständen die bekannten Fruchtträger, deren faltige Hymenialschicht durch die farbigen Sporen tiefrothbraun gefärbt wird.

Die Verbreitung dieses verderblichen Holzzerstörers geschieht auf zweifache Weise. Das Mycelium wächst schnell im Holze und noch schneller in Gestalt jener kräftigen weissen Häute und Stränge auf dessen Oberfläche weiter und verbreitet sich so, zwischen dem Holzwerk oder in Mauerritzen wachsend, schnell von einem Orte aus über grössere Theile des Bauwerkes. Die wichtigste Existenzbedingung ist dumpfe, feuchte Luft, welche ihre Feuchtigkeit dem verbauten Holze mittheilt, oft auch von diesem zunächst entstammt. Wie empfindlich das Mycelium gegen Trockenheit ist, geht am besten aus der bekannten Thatsache hervor, dass Dielen, Thür- und Fensterbekleidungen u. s. w. schon völlig mürbe und zerstört sein können, während die oberste, wenige Millimeter starke, dem Luftwechsel ausgesetzte Holzschicht nicht die geringste Veränderung erkennen lässt. Der hohle Klang solcher zerstörter Holztheile oder gar das Zerbrechen der Aussenschicht bei geringem Drucke verräth oft erst die Gegenwart der Pilzzerstörung. Wird nun bei einem Neubau, wie dies oft geschieht, hier und da scheinbar brauchbares Material von alten Häusern

verwendet, so kann es leicht vorkommen, dass darunter solches mit Myceltheilen des Hausschwammes sich befindet, der dann, wenn die Verhältnisse günstig sind, d. h. das Holz des Neubaues nicht recht trocken ist, zu neuer Entwicklung und Verbreitung gelangt. Man sollte desshalb bei Verwendung alten Holzmaterials in Neubauten recht vorsichtig sein und diese überhaupt nur dann zulassen, wenn man vollständig sicher ist, dass das alte Holz aus einem Hause stammt, in welchem niemals der Hausschwamm sich gezeigt hat.

Eine andere Verbreitungsart ist die durch Sporen. Letztere gelangen in einen Neubau auf die mannigfachste Art. Am häufigsten wohl dadurch, dass man vor Legung der Dielen in den Zimmern den Raum zwischen den Balken gleichmässig mit altem Bauschutt auszufüllen pflegt. Waren in diesem Sporen, und ist das Holzmaterial noch frisch oder wird dasselbe nachträglich durch Emporsteigen des Wassers in den Mauern feucht, so keimen sie und „erzeugen“ den Hausschwamm.

Aber auch auf andere Weise können die Pilzsporen in die Häuser gelangen, wie mir wiederholt recht klar geworden ist, wenn ich den Manipulationen der Zimmerleute zuschaute, die bei Entfernung schwammigen Holzes aus den Häusern beschäftigt waren. Dasselbe Handwerkszeug, mit welchem sie heute Schwammholz zersägen oder zerschlagen, wird ohne vorherige Reinigung am folgenden Tage in einem Neubau verwendet und die Kleidungsstücke, welche heute auf Fruchtträgern des Hausschwammes gelegen haben, werden am nächsten Tage im Neubau getragen und Tausende von Sporen können durch diese Unvorsichtigkeit dabei ausgesäet werden.

Aus dem Gesagten ergiebt sich von selbst, wie nothwendig es ist, dass die Arbeiter, welche mit Entfernung des Schwammholzes aus einem Gebäude beschäftigt sind, zur grössten Vorsicht anzuhalten sind, um die Verschleppung in Neubauten zu verhindern, dass ferner das inficirte Material womöglich schnell verbrannt, nie aber anderweit in Gebäuden verwendet werde, dass insbesondere bei Beschaffung des Bauschuttes die grösste Vorsicht anzuwenden sei. Daneben bleibt es aber immer absolut nothwendig, die Verwendung nassen Holzes zu vermeiden und für die nöthige Durchlüftung solcher Theile des Baues zu sorgen, wo stagnirende Feuchtigkeit zu fürchten ist. Viel kann bekanntlich durch Isolirung der Grundmauer von dem darauf stehenden Gebäude durch Asphaltplatten geschehen. Auf die mancherlei Mittel, die man zur Vertreibung des Hausschwammes angepriesen hat, gehe ich selbstredend nicht ein. Es fehlt bisher an einer wissenschaftlichen Bearbeitung dieses Pilzes; und wenn ich die wenigen flüchtigen Beobachtungen, die ich gemacht habe, vorstehend mittheilte, so sind diese doch nicht im Stande, die Lücke in unserem Wissen zu bemänteln. Es wäre eine ungemein dankenswerthe Aufgabe, eine eingehende, wissenschaftliche Untersuchung des Hausschwammes vor-

zunehmen und dabei das besondere Augenmerk auch auf die Frage zu lenken, ob etwa die mineralische Beschaffenheit des Bauschuttes oder des Mauerwerkes einen Einfluss auf die Entwicklung desselben ausübt, d. h. ob das Pilzmycel seine Nährstoffe allein dem Holzwerke entzieht oder auch nebenbei Nährstoffe aus dem Mauerwerk, resp. Bauschutte aufzunehmen im Stande ist, wie vermuthungsweise angenommen wird.

Ein allgemeineres Interesse beanspruchen unter den saprophytischen Holzpilzen noch die Peziza aeruginosa, welche zu den Discomyceten gehörend, doch hier schon erwähnt werden möge, da sie die sogen. Grünfäule des Holzes veranlasst. Insbesondere Eichen- und Rothbuchenholz, welches in stark zersetztem Zustande und anhaltend durchfeuchtet auf dem Waldboden längere Zeit gelegen hat, erhält oftmals eine intensiv spangrüne Färbung dadurch, dass das Mycel des genannten Pilzes, welches nebst den schüsselförmigen Fruchtträgern intensiv grün gefärbt ist, den Holzkörper durchzieht und in den Wandungen der Holzelemente ebenfalls jenen grünen, extrahirbaren Farbstoft erzeugt.

Es soll derselbe wegen seiner Unzerstörbarkeit eine technische Verwendung finden, und neuerdings bemüht man sich in Hannover, durch künstliche Züchtung grünfaules Holz in grösserer Quantität zu erzeugen.

Das sogenannte „Blauwerden" des Nadelholzes, das besonders in den Kiefernbeständen an abständigen Bäumen, nach Raupenfrass oder auch erst in feuchten Holzgelassen am Brennholz auftritt, wird durch Ceratostoma piliferum (syn: Sphaeria dryina) veranlasst, einen Pyrenomyceten, dessen Mycelium braun gefärbt ist und durch die Markstrahlen sehr schnell von aussen bis zum Mittelpunkte der todten Stämme vordringt. Das Kernholz wird mehr von ihm gemieden, wahrscheinlich des geringen Wassergehaltes wegen, während das Splintholz oft schnell von dem Pilzmycel durchzogen und zersetzt wird.

§ 12. Pyrenomycetes.

Die Schlauchpilze (Ascomycetes), zu denen die Pyrenomyceten und Discomyceten gehören, unterscheiden sich von den bisher besprochenen Basidiomyceten dadurch, dass ihre Sporen nicht durch Abschnürung auf der Spitze von Fruchthyphen (Basidien), sondern durch freie Zellbildung im Inneren von Mutterzellen, den sogen. Sporenschläuchen (Asci) entstehen. Die Kernpilze (Pyrenomycetes) insbesondere sind weiter dadurch charakterisirt, dass diese Sporenschläuche im Inneren kleiner, ringsum geschlossener Fruchtkapseln (Perithecien) gebildet werden, die am Scheitel meistentheils eine besondere Mündung besitzen.

Erysiphe*). (Mehlthaupilze.)

Alle Mehlthaupilze sind ächte Parasiten, deren Mycel auf der Oberfläche der Pflanzen, nämlich auf der Epidermis der Blätter, Früchte und Stengel vegetirt, durch Saugwarzen (Haustorien) den Nahrungsbedarf aus dem Inneren der Oberhautzellen bezieht, welche dadurch gebräunt und getödtet werden. Auf dem Mycelium entwickeln sich die meist kugelförmigen, mit unbewaffnetem Auge als kleine dunkle Punkte erkennbaren, völlig geschlossenen also mündungslosen Perithecien, die überwintern und den Pilz auf das nächste Jahr verpflanzen, während im Laufe des Sommers an zahlreichen einfachen, aufrechtstehenden Hyphen die Conidien durch Abschnürung sich bilden, die sofort keimfähig sind und die Krankheit während der Vegetationsperiode weiter verbreiten. Da das Mycelgespinnst und die Conidienträger bei reichlicher Entwicklung einen feinen grauen, mehlartigen Ueberzug auf der Blattoberfläche darstellen, heisst die Krankheit „Mehlthau“.

Man hat als Verhütungsmaassregel das Verbrennen der von den Mehlthauperithecien besetzten Blätter im Herbste empfohlen, dagegen nach dem Auftreten des Mehlthaus im Sommer das Bestreuen der erkrankten Pflanzentheile mit Schwefelblumen als wirksam bezeichnet. Leider fehlt es noch völlig an einer wissenschaftlichen Untersuchung der Wirkung, die von dem Schwefelpulver auf das Pilzmycel ausgeübt werden soll.

Die zahlreichen Arten dieser Gattung sind neuerdings in mehrere Untergattungen vertheilt, welche einestheils nach der Zahl der Asken im Perithecium, anderentheils nach der Zahl der Sporen im Askus, sowie endlich nach dem Bau der sogenannten Stützfäden, das heisst eigenartiger fadenförmiger Auswüchse einzelner Wandungszellen des Peritheciums nach aussen gebildet worden sind. Wir haben nur wenige Arten hier hervorzuheben, Erysiphe (Phyllactinia) guttata bildet Mehlthau auf Fagus, Carpinus, Corylus, Quercus, Betula, Alnus, Fraxinus, Lonicera, Pirus communis und Crataegus.

Die Perithecien besitzen unverzweigte, gerade, am Grunde zwiebelförmig verdickte Stützfäden und im Inneren mehrere zweisporige Schläuche. Mir ist nur ein Fall aus Sachsen bekannt, in welchem der Mehlthau auf Rothbuchen eine auffällige Erkrankung und frühzeitiges Vertrocknen der Blätter über grössere Bestände hervorgerufen hatte.

Erysiphe (Uncinula) bicornis schädigt recht oft die Blätter und jungen Triebe von Acer. Mir ist sie besonders auf Acer platanoides und campestre bekannt geworden. Sie bildet grauweisse Flecke, während die schwarzen Flecke durch Rhytisma acerinum entstehen. Die Perithecien besitzen mehrere acht-

*) Tulasne Selecta fungorum carpologia 1861.

sporige Schläuche und die Stützfäden sind an der Spitze einmal gabelig getheilt.

Erysiphe (Sphaerotheca) pannosa bildet den bekannten Mehlthau der Zweige und Blätter der Rosen.

Erysiphe (Uncinula) adunca erzeugt den Mehlthau auf Weiden- und Pappelblättern.

Oidium Tuckeri ist der Pilz der Weintraubenkrankheit. Die Traubenkrankheit hat sich seit dem Jahre 1845, in welchem sie zum ersten Male in England beobachtet wurde, über alle weinbauenden Länder Europas verbreitet. Das Mycel entwickelt sich auf Blättern, Stengeln und Trauben. Soweit letztere befallen werden, stirbt die Oberhaut ab und verliert ihr Ausdehnungsvermögen, so dass mit dem Wachsthum der Beere ein Aufplatzen der Oberhaut und damit das Verderben der Weinbeere eintritt. Bisher sind nur die Conidien dieses Pilzes aufgefunden worden und steht noch die Frage zu beantworten, wie der Pilz überwintert. Insbesondere ist zu ermitteln, ob die Perithecien auf anderen Nährpflanzen sich entwickeln, oder ob sie nur unter besonderen Verhältnissen auf dem Weinstock zur Entwicklung gelangen können.

Ich übergehe eine ganze Reihenfolge von Erysiphearten, welche auf Holzpflanzen: Rüstern, Weissdorn, Schwarzdorn, Pflaumen, Faulbaum u. s. w. vorkommen, deren Bestimmung, wo sie gewünscht wird, aus systematischen Werken oder aus Franks Handbuch leicht erfolgen kann.

Rosellinia quercina*).

Taf. VIII u. IX.

Der Eichenwurzeltödter Rosellinia quercina gehört zu den interessantesten Parasiten insbesondere desswegen, weil seine Mycelbildungen dieselbe Mannigfaltigkeit der Formen zeigen, wie das Mycel des Agaricus melleus. Dasselbe gehört zu jenen parasitisch lebenden Mycelbildungen, die früher in eine besondere Gattung Rhizoctonia zusammengestellt wurden.

Die durch Rosellinia quercina erzeugte Krankheit scheint nur die Wurzeln junger 1—3jähriger Eichen zu befallen, ist aber zumal im Nordwesten Deutschlands sehr verbreitet. In Eichensaatbeeten äussert sich dieselbe durch Verbleichen und Vertrocknen der jungen Pflanzen zumal in nassen, regenreichen Jahren. Es vertrocknen zuerst die Blätter nahe der Triebspitze, später auch die unteren, und zieht man solche Pflanzen, welche die ersten Symptome der Erkrankung zeigten, aus dem Boden, so erkennt man an der Hauptwurzel hie und da schwarze Kugeln von Stecknadelknopfgrösse Taf. 9, Fig. 1, besonders an solchen Stellen, wo feine Seitenwurzeln der Hauptwurzel entsprungen sind. Auch erkennt man äusserlich der Wurzel anhaftend und

*) R. Hartig, Untersuchungen aus d. forstbot. Institut S. 1—32.

diese gleichsam umspinnend hier oder da zarte, den Zwirnfäden ähnliche sich verästelnde Stränge, die Rhizoctonien Fig. 1 *e*, die auch zwischen die umgebenden Erdschichten dringen und wie wir sehen werden, die Krankheit unterirdisch von Wurzel zu Wurzel verbreiten. In der Umgebung jener schwarzen Knollen und soweit die Rhizoctonien der Wurzeloberfläche eng anliegen, ist das Rindengewebe der Wurzel gebräunt. Die Spitze der Pfahlwurzel ist oft vollständig verfault, doch zeigen auch Pflanzen, deren Wurzeln bis zur Spitze lebend sind, die zuvor beschriebenen Krankheitssymptome.

An älteren, bereits getödteten Pflanzen sind die Rhizoctonien nicht mehr weiss, sondern braun gefärbt und die schwarzen Körner oft in grosser Menge wahrzunehmen Fig. 2. Zuweilen findet man diese auch am unteren Theile des Stengels, d. h. oberhalb der Samenlappen und am besten sind sie zu finden, wenn man die Eichenpflänzchen recht sauber abwäscht, da dann diese schwarzen Knöllchen durch ihren Glanz scharf hervortreten. Bei feuchtwarmem Wetter verbreitet sich das Absterben in Rillensaaten nach beiden Richtungen, in Vollsaaten centrifugal allseitig so, dass endlich Plätze von 1 m Durchmesser und mehr verdorrt sind. Wenn trockenes Wetter eintritt oder der Herbst naht, hört die Verbreitung der Krankheit auf, doch wird man an den scheinbar noch gesunden Pflanzen in der nächsten Nachbarschaft der getödteten die geschilderten Krankheitssymptome bei Untersuchung der Wurzeln noch reichlich beobachten können. Werden solche Pflanzen mit inficirten Wurzeln im nächsten Jahre verschult, so werden sie je nach den Witterungsverhältnissen noch absterben und unter Umständen die Krankheit auf ihre Nachbarn übertragen, oder sie erholen sich langsam nach mehrjährigem Kümmern und bilden sich eine neue Pfahlwurzel, wenn deren Spitze der Krankheit erlegen war.

Bringt man eine getödtete Pflanze in einen feuchtwarmen Raum oder pflanzt sie im Juli mitten in ein Beet gesunder diesjähriger Eichenpflanzen, so entwickelt sich aus jenen schwarzen Knollen, die wir als Dauermycelien (Sklerotien) bezeichnen wollen, an verschiedenen Stellen die Rinde durchbrechend sehr bald ein Mycel (Fig. 3 und 3*), welches in feuchter Luft ein dichtes weissgraues schimmelartiges Gewebe (Fig. 4 und 5) bildet und auch auf der Oberfläche des Bodens radial sich verbreitet. Es besteht aus septirten, anfänglich farblosen, später sich bräunenden Hyphen, die nach einiger Zeit sich zusammenlegen, hier und da seitlich verwachsen und feine Stränge, Rhizoctonien bilden, die aus zahlreichen, unter einander kaum verwachsenen Einzelhyphen zusammengesetzt sind Fig. 13. Gelangt dies Mycel, sei es in isolirten Hyphen oder in Form von Rhizoctonien an ein gesundes Mycel einer Nachbarpflanze, so umspinnt es diese und dringt in die Rindenzellen direct ein, soweit solche noch lebend sind, d. h. also nahe der Spitze der Pfahlwurzel und in die zarten Seitenwurzeln. Es dringt bis in die Markröhre, wo solche vorhanden ist und

tödtet die Wurzel in kurzer Frist. Im lebenden Rindenparenchym der Hauptwurzel, welches nur noch am untersten, jüngsten Theile zu finden ist, füllt es die Parenchymzellen mit einem üppigen Gewebe, einem Pseudoparenchym aus, Fig. 8 *cc* Fig. 12, das durch Auftreten reicher Fetttropfen sich als ein Dauermycel charakterisirt. Wir können derartige, unter günstigen Verhältnissen auskeimende Bildungen als gefächerte Sklerotien bezeichnen. Der ältere Theil der Hauptwurzel ist nun aber durch den in ihrer Rinde zur Ausbildung gelangten Korkmantel gegen die directen Angriffe des Parasiten geschützt. Die äusseren Rindenzellen sind theils zusammengeschrumpft, theils abgestossen, und es bleibt nur ein Weg, in das Innere der Wurzel zu gelangen. Da, wo die feinen Seitenwurzeln den Korkmantel durchsetzen, wird, nachdem erstere durch den Parasiten getödtet sind, gleichsam eine Lücke, eine Bresche gebildet, woselbst der Parasit einzudringen vermag und dies Eindringen erfolgt in eigenartiger Weise. An solcher Stelle bilden sich zunächst feine weisse Mycelknäuel oft oberhalb und unterhalb der Basis der getödteten Seitenwurzel; dieselben werden zu fleischigen, aussen sich mit einer schwarzbraunen Rinde bekleidenden Knollen, die nach innen in das Gewebe der Eichenwurzel mehrere fleischige Zapfen senden (Fig. 7 *c d*, Fig. 8 *a*), bestehend aus verästelten septirten mehr oder weniger parallel laufenden Hyphen Fig. 10.

Das benachbarte Rindengewebe wird getödtet und gebräunt Fig. 7 *c*. Tritt nunmehr trocknes oder kaltes Wetter ein, dann gewinnt die Wirthspflanze Zeit zur Bildung einer neuen Wundkorkschicht auf der Grenze des lebenden Gewebes in der Umgebung jener Infectionsknöllchen und die Pflanze ist für das Mal gerettet. Bleiben die Vegetationsbedingungen für den Pilz günstig, so entsprosst dem Zapfen ein feinfädiges Mycel (Fig. 8 *b*), das nunmehr sich durch alle Gewebe der Wurzel verbreitet und diese tödtet. In den äusseren Korkschichten der Hauptwurzel entsteht noch eine dritte Art von Sklerotien, indem hier und da die äusserlich der Wurzel angeschmiegten Rhizoctonien in die Zellen der Korkschicht eindringen und dieselben durch Entwicklung eines reichen Mycelkörpers aus einander spalten, Fig. 9 *b*, Fig. 11 *b c*. Selten entsteht ein Sklerotium unter dem Korkmantel Fig. 8 *d*.

Alle diese Arten von Sklerotien keimen unter günstigen Verhältnissen aus und zwar durch Sprossung der lebenden Zellen im Innern derselben, die dabei resorbirt werden (Fig. 11 *d*), während die Aussenwand der Sklerotien durchbrochen wird, Fig. 3*.

Der Parasit besitzt in ihnen ein Mittel, sich von einem Jahr aufs andere zu verpflanzen und während des Sommers Trockenperioden zu überstehen, die alles fädige Mycel mit den daran etwa in der Entwicklung begriffenen Fruchtträgern tödten.

Das oberflächlich vegetirende Mycelium entwickelt im Sommer Conidien

auf quirlförmig verästelten Trägern (Taf. 10, Fig. 35, 36) und diese können durch Mäuse u. dgl. verschleppt neue Infectionsheerde erzeugen. Es entstehen aber ausserdem Perithecien auf dem Mycel und zwar in der Regel in grosser Anzahl nahe bei den kranken Pflanzen, von denen aus sich das Mycel auf der Bodenoberfläche verbreitet. Taf. 9, Fig. 6, Fig. 5 *b*. Es ist hier nicht der Platz, eingehend den Entwicklungsprocess derselben darzustellen, wie ich dies bei meiner oben citirten Abhandlung und in Taf. 10 gethan habe. Es sei nur kurz angedeutet, dass sich auf den Mycelhyphen in grosser Anzahl jene eigenartigen Knäuel bilden (Fig. 1—4), welche auch bei andern Kernpilzen beobachtet und theilweise als Folgen vorangegangener Sexualprocesse gedeutet sind. Diese Knäuel bilden sich zu Hohlkugeln (Fig. 8, 9) aus, die aber frühzeitig verkümmern und steril bleiben, Fig. 11 *g*. Sehr vereinzelt treten ausserdem Bildungen auf, die man bei gutem Willen für Sexualapparate halten kann, wie ich sie Fig. 5, 6, 7 dargestellt habe. Die Zellenaussprossung *a* könnte als weibliche, die Sprossungen *b* und *c* als männliche Sexualapparate angesehen werden, die sich den ersteren eng anlegend einen Theil ihres Inhaltes übertreten lassen, worauf dann weitere Aussprossungen *d* die Wandbildung des Peritheciums einleiten. In Fig. 10 sieht man diese bereits vorgeschritten und von der Innenseite der Wandung ein zartes Gewebe (Fig. 10 *d* und Fig. 12 *d*) entspringen, das dann den Hohlraum mit einem reichen Geflechte zarter Hyphen ausfüllt, Fig. 12 *f*.

Die Wandung des Peritheciums verdickt sich fortdauernd und der obere Theil derselben bräunt und erhärtet sich in der Umgebung des schmalen Mündungskanals Fig. 11. Unter fortwährender Vergrösserung des Peritheciums schreitet dieser Process von der Mündung nach abwärts fort (Fig 13, 14, 16), doch bleibt die Basis bis zum Eintritt der vollen Reife stets weich und farblos.

Im Innern finden inzwischen wesentliche Veränderungen statt. Nahe der Mündung entspringen der Wand zahlreiche langgestreckte, oft keulenförmig sich erweiternde Schläuche (Fig. 13 *g*, 14 *g*), welche jene gallertartige Hyphenmasse gegen die Basis des Kugelraumes drängen, resp. von diesen sich ernährend dieselben resorbiren. Im Grunde und seitlich bis nahe der Mündung emporsteigend tritt von dem eigentlichen Wandparenchym durch eine Gallertschicht getrennt eine zarte Gewebszone auf, die nach innen zahlreiche, mannigfach geformte Schläuche (die Paraphysen) entwickelt (Fig. 18 *c d e*, Fig. 15, 14 *h*), die nun jenen von oben nach unten wachsenden Hyphen entgegen drängend wesentlich dazu dienen, die Vergrösserung des Peritheciuminnenraumes herbeizuführen. Nach ihrer Ausbildung entstehen erst auf derselben Gewebsschicht die Sporen erzeugenden Asci (Fig. 19, 20), die ohne irgend ein Hinderniss heranwachsen können, da correspondirend hiermit die Paraphysen ihren Inhalt verlieren und zusammenschrumpfen.

Die Bedeutung des Paraphysen liegt meiner Ansicht nach nur in der Herstellung des Raumes für ungestörte Entwicklung der Asken. Die Entwicklung der letzteren und ihrer Sporen ist Fig. 21—30 dargestellt. Die Wandung des mit Plasma erfüllten Askus verdickt sich an der Spitze zu einem mit Jod tiefblau sich färbenden Zäpfchen (Fig. 21). Im Plasma entstehen dann die kahnförmigen, anfänglich mit deutlichem Zellkern versehenen Sporen (Fig. 22, 23), die mit zunehmender Reife Oeltropfen zeigen und eine dunkele Wandung bekommen. Die Aussenwandung der Sporen zeigt auf der einen Längsseite eine linienförmige von wulstartig verdickten Rändern umgebene Verdünnung (Fig. 29, 30) und ist nur in der innersten Schicht braun gefärbt. Sind die Sporen reif und tritt genügende Feuchtigkeit hinzu, dann lösen sich unter auffälligen Quellungserscheinungen (Fig. 27, 28) sowohl die Asken als auch der ganze Inhalt der Perithecien mit Einschluss der nicht gebräunten Aussentheile der Wandung Fig. 16 *c b* zu einer Gallertmasse auf und in Folge dieser Quellungen tritt der grösste Theil der Sporenmasse gewaltsam aus der oberen Mündung der Perithecien hervor. Es wird dieser Vorgang insbesondere klar an plötzlich getrockneten Exemplaren (Fig. 17), woselbst die Sporenmasse theilweise in das Centrum *d* gedrängt, theils schon aus der Mündung hinausgetrieben ist (*e*). Wenn die Sporen keimen, was in der Regel erst im nächsten Jahre erfolgt, dann platzt die Aussenwand auf und es treten jedesmal zwei derbe Keimschläuche zum Vorschein (Fig. 31), die bei sehr kräftiger Ernährung hier und da blassig anschwellen (Fig. 32). Das Mycel entwickelt sich auch in künstlicher Nährlösung oder auf dem Erdboden bei reicher Verästelung sehr schnell und sendet bald rechtwinklich Hyphen in die Luft, die sich gabeln und durch eigene Schwere umsinkend das charakteristische Rhizoctoniamycel bilden (Fig. 33, 34).

Aus dem vorstehend kurz dargestellten Entwicklungsgange des Parasiten erklären sich nicht nur die Symptome der Krankheit vollständig, es geht auch daraus hervor, dass wir in der Ziehung von Isolirgräben beim Auftreten derselben in einem Saatcampe ein sicheres Mittel zur Verhütung des Fortschreitens derselben haben. Die Verwendung kranker Pflanzen zur Verschulung in Pflanzkämpe ist zu vermeiden.

Die Rhizoctonia violacea, welche den sogen. Safrantod und Luzernetod veranlasst, ist noch nicht wissenschaftlich in ihren verschiedenen Entwicklungsstufen untersucht und es bleibt der Folgezeit vorbehalten, festzustellen, ob diese parasitischen Mycelbildungen einer dem vorigen Pilze verwandten Pflanzenform angehören. Die von Fuckel mitgetheilten Angaben, demnach dies Mycel einer Pilzform Byssothecium circinnans angehören solle, tragen das Gepräge der Unwahrscheinlichkeit in so hohem Grade an sich, dass es nicht der Mühe werth ist, davon Notiz zu nehmen.

Nectria.

Die Gattung Nectria umfasst eine Mehrzahl parasitischer Pilze, die ihre meist roth gefärbten Perithecien in grösserer Anzahl zusammenstehend auf der Oberfläche eines warzenförmigen, aus Pseudoparenchym bestehenden Stromas (Taf. XI, Fig. 21, 22) entwickeln. Vor deren Entstehung dient dasselbe Stroma der Erzeugung zahlloser Conidien. Dieses Conidien tragende Stroma wurde früher als besondere Gattung Tubercularia bezeichnet.

Die nachstehend aufgeführten drei Arten dieser Gattung sind ächte Parasiten, die aber, wie so viele andere Parasiten, z. B. Agaricus melleus als Saprophyten existiren können, deren Cultur auf der Objectplatte in irgend welchen organischen Substanzen mit grösster Leichtigkeit auszuführen ist.

Nectria Cucurbitula.*)

Taf. XI.

Die Nectria Cucurbitula gehört, wie alle Nectrien zu denjenigen Parasiten, die nur an vorgebildeten Wundstellen in das Innere der Wirthspflanzen einzudringen vermögen, und als solche ist vorzugsweise die Fichte, seltener die Tanne, Kiefer u. s. w. zu bezeichnen. Im Walde sind es meist die Frassstellen der Grapholitha pactolana (Fig. 2, 3, 4), seltener Hagelschlagstellen (Fig. 1, *a*, *b*) oder die Basis eines durch Schneeanhang herabgebogenen Zweiges, dessen Rinde im oberen Winkel ein wenig eingerissen ist (Fig. 5), welche als Eingangspforten vom Parasiten benutzt werden.

Experimentell ist der Beweis des Parasitismus mit Leichtigkeit zu erbringen, wenn man keimfähige Sporen mittelst Scalpell in die Bast- und Cambialregion einer Fichte bringt (Fig. 6), oder auf die Spitze eines kräftigen Fichtenzweiges, dessen Knospe nur abgeschnitten zu werden braucht, einige Sporen des Pilzes aufträgt. Geschieht dies im Herbste oder Vorwinter, dann sterben im Laufe des Frühjahrs diese Zweige oder Gipfeltriebe auf 10 cm Länge und weiter hinunter ab. Es giebt wenig Parasiten, deren Infection, von sachkundiger Hand ausgeführt, so regelmässig und leicht gelingt, als gerade die Nectria Cucurbitula. Insbesondere gelingen die Versuche an recht kräftigen, üppig vegetirenden Exemplaren im Freien, doch lassen sich dieselben auch an weniger kräftig vegetirenden, in Töpfe gepflanzten Exemplaren ausführen.

Die keimende Ascospore (Fig. 12) oder Conidie (Fig. 15) sendet ihre Mycelschläuche in das Rindengewebe und sind es besonders die Siebröhren

*) R. Hartig, Untersuchungen I, Seite 88.

des Weichbastes (Fig. 9 *b*, 10 *e*) oder die Intercellularräume zwischen diesen (Fig. 9 *c*, Fig. 10 *f*), in welchen das ästige Mycel schnell vorschreitet. Man trifft das Mycel in dem anscheinend noch vollständig gesunden, frischen Bastgewebe, die Bräunung der Gewebe erfolgt erst einige Zeit darauf. Das Wachsthum des Pilzes scheint meistens nur im ruhenden Rindengewebe stattzufinden. Es hört dasselbe für gewöhnlich auf, wenn die Pflanze und deren Cambium zu erneuter Lebensthätigkeit erwacht und müssen wir somit annehmen, dass die Widerstandsfähigkeit der lebenden Gewebe der Wirthspflanze im vegetativen Zustande eine grössere sei, als im ruhenden Zustande. Wie die Figuren 3 und 5 zeigen, kann das Wachsthum in der Längsrichtung in einer Wuchsperiode 10 cm überschreiten. In seitlicher Erstreckung übersteigt die absterbende Stelle selten mehr als 3—4 cm. Das von dem Pilz getödtete Gewebe wird von den lebenden Pflanzentheilen durch eine Korkhaut abgesondert und in der Regel verhindert diese Korkschicht auch das Weiterwachsen des Parasiten im nächsten Jahre.

Ist der getödtete Rindentheil dem Winde und der Sonne exponirt, dann trocknet er schon im Anfange des Sommers aus, ist der befallene Pflanzentheil noch nicht stark, so vertrocknet auch der Holzkörper und der Gipfel der Pflanze stirbt ab, wird gelb und dürr. Recht oft findet man in den jungen Fichtenbeständen solche dürre Gipfel, ohne eine Spur von den Schlauchfrüchten zu bemerken, die nur zur Reife gelangen können, wenn der Rindenkörper, in welchem das Mycel verborgen ist, stets feucht erhalten bleibt. Ist dies der Fall, wie wir es oft an unteren, durch den Schatten und Schutz der Zweige gedeckten und feucht erhaltenen Rindentheilen beobachten, dann entwickelt sich aus der getödteten Rinde eine grosse Anzahl von weissen und gelblichen Fruchtpolstern (Fig. 6 u. 11), welche etwa in Stecknadelkopfgrösse die äussersten Rinden- und Korkschichten durchbrechen, oder auch zwischen den lockeren Rindenschüppchen verborgen bleiben. Diese Fruchtpolster bestehen aus einem anfänglich farblosen Scheinparenchym (Fig. 20 *a*), das auf der Oberfläche unmittelbar in kürzere (Fig. 20) oder längere (Fig. 21) Conidienträger auswächst. Die Conidien sind theils lang, etwas spindelförmig und gekrümmt (Fig. 14, 15) oder zumal an den langen verästelten Trägern (Fig. 21) sehr klein und einzellig (Fig. 16). Beide Arten von Brutzellen sind sofort keimfähig und erzeugen, wenn ihr Keimschlauch in feuchter Luft oder im Wasser wächst, alsbald secundäre kleinere Conidien (Fig. 17, 18). Nachdem zahllose Conidien auf den „Conidienpolstern" entstanden und durch Wind und Regen fortgeführt sind, entsteht nahe der Oberfläche, oder höchst wahrscheinlich auf der Oberfläche des Stromas selbst eine grosse Anzahl von kugel- und später kürbisförmigen Perithecien (Fig. 21, 22), während gleichzeitig das Stroma eine schön rothe Färbung annimmt. Ob jedes Perithecium das Resultat eines

noch nicht erkannten Sexualactes sei, muss die Folgezeit entscheiden. Sehr viele Perithecien bleiben steril und verkümmern (Fig. 22 *a*, *a*), während eine grosse Zahl heranwächst und im Inneren zahlreiche Asken und Paraphysen ausbildet, Fig. 23 *e*, 24. Die Paraphysen sind sehr zart und schwer zu erkennen, theilweise verästelt (Fig. 24 *b*). Die Asken scheinen zum Theil zu verkümmern und zeigen einen eigenthümlichen, als Stäbchen hervortretenden plasmatischen Inhalt, dessen Bedeutung mir nicht völlig klar geworden ist. Die Sporen erzeugenden Asken (Fig. 24 *c*, *d*, *e*) enthalten je 8 zweikammerige Sporen mit deutlichen Oeltropfen. Keimen die Askosporen in feuchter Luft oder im Wasser, dann entwickelt sich an dem Mycel sehr frühzeitig eine grosse Zahl kleiner, fast runder Conidien (Fig. 13). Zuweilen schon im Spätherbste oder bei warmem Winterwetter, oft auch erst im Frühjahre werden die Sporen durch Quellungsprocesse aus dem Inneren des Peritheciums durch dessen Mündung herausgetrieben (Fig. 22 *c*), und kann man dann schon mit unbewaffnetem Auge die vom weissen Sporensaum umgebenen Oeffnungen erkennen. Oft überwintern die Perithecien in der (Fig. 3, 5, 7) dargestellten Gestalt bis zum Frühjahre.

Es sei noch zur Erläuterung der Fig. 8 u. 19 erwähnt, dass, wenn man einen kräftigen Gipfeltrieb einer Fichte köpft und keimfähige Sporen auf die Wundfläche aussäet, dann das Mycel nicht nur abwärts in den Zweig wächst, sondern auch den bald nach der Verwundung ausgetretenen Terpentintropfen (Fig. 8) durchwächst und selbst im Inneren des Terpentins reichliche Conidien abschnürt (Fig. 19).

Es sei noch hinsichtlich der Verbreitung dieses Parasiten erwähnt, dass derselbe in Böhmen und im südlichen Deutschland allgemein und geradezu verheerend aufgetreten ist, indem er im Gefolge des Fichtenrindenwicklers sich einstellte und zahllose von diesem nur wenig geschädigte jüngere Fichten wenigstens im Gipfel tödtete.

Mit dem Verschwinden des Wicklers, wie z. B. im Gefolge des strengen Winters 1879/80, in welchem die Räupchen zum grössten Theile erfroren, vermindert sich selbstredend auch die Beschädigung durch die Nectria, woraus aber doch nur folgt, dass dieser die Gelegenheit zur Infection entzogen wurde. Sie ist ein ächter Parasit, und Fichten, welche nur von der Motte, nicht aber vom Pilz befallen wurden, gehen fast niemals zu Grunde, sondern erholen sich nach einigen Jahren des Kümmerns vollständig. Ich habe auch experimentell bewiesen, dass in vielen Fällen, zumal bei mehr freiem Stande, und dann, wenn der befallene Stammtheil nur einseitig durch den Pilz getödtet ist, die Fichte sich zu erholen vermag, dass ein Weiterschreiten des Parasiten in den Folgejahren nicht stattfindet. Diese Thatsache berechtigt aber nicht, der Verbreitung des Pilzes unthätig gegenüber zu stehen, denn die Beobachtungen

im Walde bezeugen, wie bedeutende Verwüstungen durch den Pilz herbeigeführt werden. Obgleich ich in zahlreichen Revieren zumal Oberbayerns Gelegenheit hatte, die Beschädigungen der Rindenwickler im grössten Maassstabe zu beobachten, so ist es doch trotz eifrigen Bemühens unter dem Beistande des Verwaltungspersonales nicht gelungen, mehr als 2 oder 3 Fichten aufzufinden, die von dem Fichtenrindenwickler allein getödtet worden waren, und dies waren sehr junge Pflanzen, deren Rinde von den Frassgängen des Insektes im ganzen Umfange des Stengels beschädigt wurde. Kann nach unbefangener Prüfung der Parasitismus des Pilzes schlechterdings nicht in Frage gestellt werden, so erwächst aber daraus für die Praxis die Nothwendigkeit, durch rechtzeitigen Aushieb der getödteten Fichtengipfel unmittelbar über dem obersten gesunden Quirl und durch Verbrennen des Materials, an welchem die rothen Pilzfrüchte sich befinden, der Weiterverbreitung des Parasiten rechtzeitig und energisch entgegenzutreten. Geschieht dies, bevor das Uebel sich weiter verbreitet hat, dann sind die Kosten verschwindend, in stark inficirten Schonungen belaufen sich dieselben auf durchschnittlich 2 Mark pro ha in grösseren Reviertheilen. Nur in einzelnen sehr schwierigen Fällen sind sie auf 6,3 Mark pro ha angewachsen.

Ein Aushieb der kränkelnden Pflanzen, an denen nicht etwa sofort die Pilzfrüchte zu erkennen sind, ist nicht anzurathen, da dieselben möglicherweise nur vom Wickler befallen sind und sich wieder erholen können. Es ist mehr anzurathen, die Operation im zweiten Jahre nöthigenfalls zu wiederholen, um die inzwischen noch abgestorbenen Exemplare zu beseitigen.

Nectria ditissima.*)

Die Laubholzbäume werden vorzugsweise durch die Nectria ditissima heimgesucht und sind es mancherlei gestaltete, meist als Krebs bezeichnete Erkrankungsformen, die durch diesen Pilz hervorgerufen werden. Ich fand den Pilzkrebs an Rothbuchen, Eichen, Haseln, Eschen, Hainbuchen, Ellern, Ahorn, Linden, Faulbaum und Traubenkirschen. Dass auch der Krebs an Apfelbäumen durch diesen Pilz veranlasst wird, ist durch Herrn Goethe**) nachgewiesen.

Auch dieser Parasit kann in das Innere der Pflanzen nur durch Wundstellen gelangen. Die häufigste Art der Verwundung ist wohl die durch Hagelschlag (Fig. 43). Erfolgt keine Infection einer Hagelstelle, so überwallt diese in kurzer Zeit (Fig. 43 *a*), wird sie durch Conidien oder Askosporen der Nectria

*) R. Hartig, Untersuchungen I, Seite 209 Taf. VI.

**) Goethe. Rheinische Blätter für Wein-, Obst- u. Gartenbau, Juni 1879.

inficirt, so verbreitet sich das Absterben und die Bräunung von der Infectionsstelle aus allseitig, am schnellsten in der Längsrichtung des Stammtheils. Doch wandert das Mycel selten schneller nach einer Richtung als etwa 1 cm pro anno, selten bis 3 cm pro anno. Es erklärt sich daraus, dass die er-

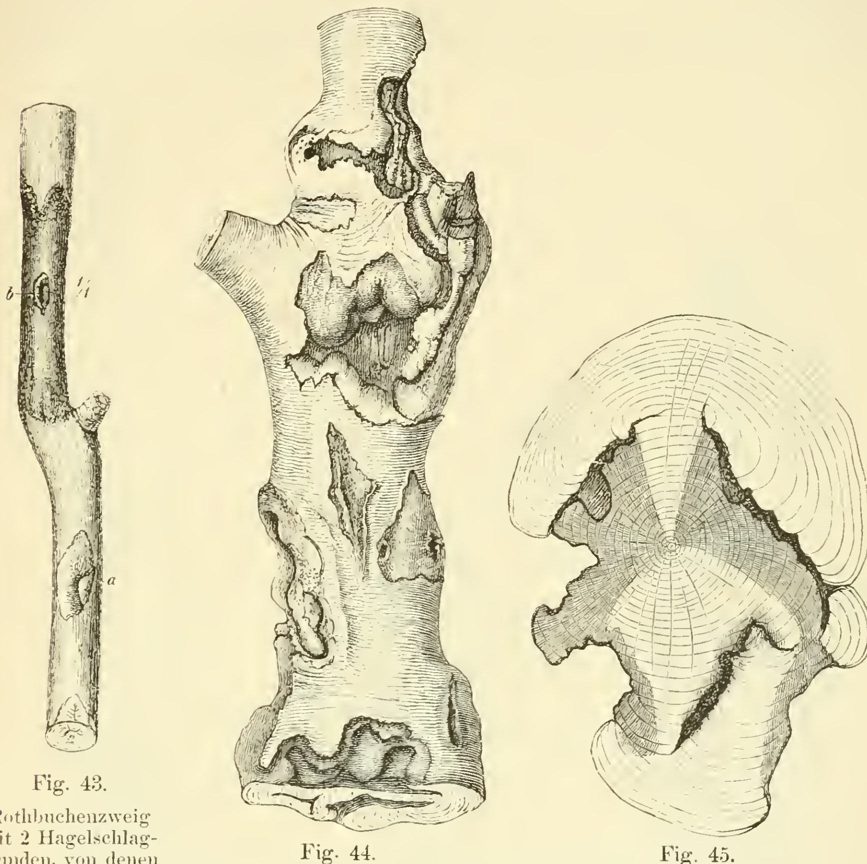


Fig. 43.
Rothbuchenzweig mit 2 Hagelschlagwunden, von denen die obere *b* durch Nectria inficirt, die untere *a* dagegen ohne Infection durch Ueberwellung geschlossen ist.

Fig. 44.
Rothbuchenkrebsstamm mit zahlreichen Krebsstellen, die sich aber nur an wenigen Stellen vergrössern, woselbst dann auch die rothen Perithecien der Nectria ditissima allein zu finden sind. $^1/_2$ Natürl. Gr.

Fig. 45.
Querschnitt desselben Stückes am unteren Ende entnommen. Natürl. Gr.

krankte Stelle im Laufe der Jahre vertieft erscheint, indem die gesunde Umgebung nicht allein ungestört zuwächst, sondern sogar eine Zuwachssteigerung erkennen lässt. Diese erklärt sich schon daraus zur Genüge, dass die in den Blättern assimilirten Bildungsstoffe bei ihrer Wanderung im Bastgewebe selbstredend auf die gesunde Seite des Stammtheils beschränkt sind

und bei dem Ausweichen der Krebsstelle vorzugsweise an deren Rande wandern werden, der dadurch besonders kräftig ernährt wird und als Wulst stark hervortritt. Es entstehen dadurch im Lauf der Jahre Verunstaltungen auffälligster Art.

Oftmals ist auch die Basis eines Seitenzweiges, welcher im oberen Winkel eine Rindenverletzung besass, die Infectionsstelle (Fig. 46), von der aus das

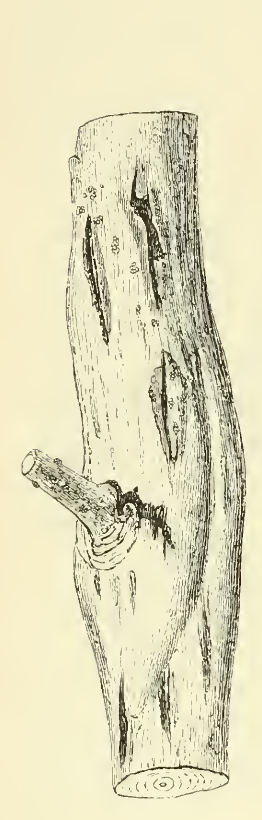


Fig. 46.
Hainbuche mit Nectria ditissima, welche im Zweiggelenke eingedrungen ist. Natürl. Gr.

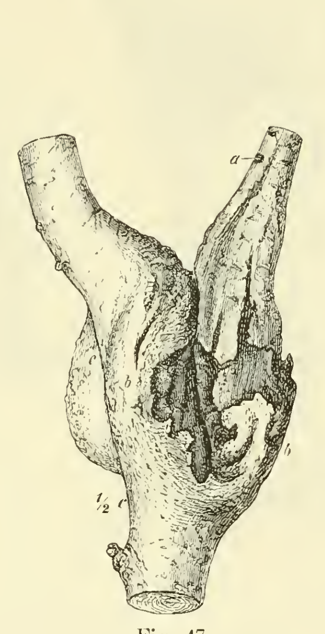


Fig. 47.
Haselstrauch mit Infection und Krebs der Nectria ditissima, deren Sporen an einer eingerissenen Zweiggabel gekeimt haben. *a*, *b*, *b* Grenze der Krebsstelle mit rothen Perithecien besetzt. *cc* Gesunde Seite des Astes. $^1/_2$ Natürl. Gr.

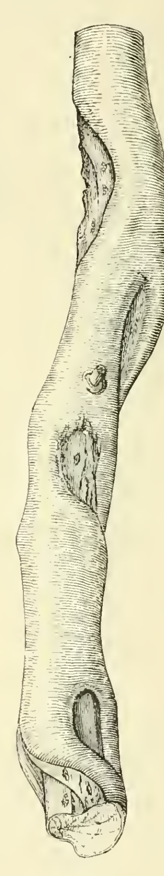


Fig. 48.
Rothbuchenzweig mit zahlreichen Krebsstellen ohne erkennbare Wundstellen in der Rinde.

Absterben alljährlich fortschreitet. Insbesondere kommt beim Haselstrauch das Einreissen in der Gabel zweier aufwärtswachsender Aeste oftmals vor, wenn beim Erndten der Nüsse ein gewaltsames Herabbiegen der Aeste erfolgt. Hier ist dann die Ausgangsstelle für eine fortschreitende Krebskrankheit (Fig. 47).

Ich glaube annehmen zu dürfen, dass unter gewissen, mir noch nicht bekannten Umständen das Pilzmycel aus dem Rindenkörper in den Holzstamm gelangt, in welchen es aufwärtswandernd hier und da von innen in das Rinden- und Cambiumgewebe gelangt und auf diesem Wege Krebsstellen erzeugt, ohne dass jedesmal eine Verwundung von aussen stattfindet (Fig. 48). Die bekannte Erscheinung, dass einzelne Baumindividuen mit Krebsstellen übersät sind, während Nachbarbäume derselben Art ziemlich verschont bleiben, lässt sich kaum anders erklären, als durch die Annahme einer Pilzwanderung im Holzkörper des Baumes. Es wird die Forschung dieser Frage sich noch zuzuwenden haben.

Das Pilzmycel verbreitet sich im Rindengewebe der Bäume unter Entwicklung zahlloser äusserst kleiner, den Spaltpilzen ähnlicher Conidien, die dem Anscheine nach wesentlich dazu beitragen, dass sich das Gewebe der Rinde mit Ausschluss der äusseren Korkschichten fast ganz auflöst. Nur in denjenigen Rindentheilen, die seit dem letzten Jahre getödtet wurden, mithin in der Peripherie der Krebsstelle treten weisse Conidienpolster zum Vorscheine, die auch von Willkomm in dessen Bearbeitung des Buchenkrebses bereits gesehen und als Fusidium candidum bestimmt wurden. Sie haben die grösste Aehnlichkeit mit den Conidienpolstern der Nectria Cucurbitula (Taf. XI, Fig. 6, 11). Auf ihnen entstehen dann die tiefrothen Perithecien, welche meist bedeutend kleiner sind, als die der Nect. Cucurb. und nur bei sorgfältiger Nachforschung erkannt werden. Sie sitzen theils gruppenweise, theils einzeln auf der todten Rinde oder mit Vorliebe in den feinen Rindenrissen (Fig. 46). An älteren Krebsstellen sucht man sie oft lange Zeit vergeblich, da diese nicht mehr an allen Theilen des Umfanges sich vergrössern. Fig. 44 zeigt nur oben links eine Zunahme des Krebses und zahlreiche rothe Kügelchen.

Beim Rothbuchenkrebse habe ich mehrfach die Beobachtung gemacht, dass der Weiterverbreitung des Pilzmycels früher oder später stellenweise eine Grenze gesetzt wird, in Folge dessen die Gestalt der Krebsstelle eine sehr unregelmässige wird. Hier und da vergrössert sich der Krebs noch eine Reihe von Jahren, schliesslich kann aber durch eine Art Ueberwallungsprocess die Krebsstelle völlig zuwachsen (cf. Fig. 44 u. Fig. 45).

Es sei noch bemerkt, dass der Parasit durch ganz Deutschland verbreitet ist, dass insbesondere die Buchenkrebskrankheit von der Insel Rügen bis in den südlichen Theil Bayerns z. B. sehr heftig nahe bei München aufgetreten ist, dass junge Pflanzen von 5 - 10jährigem, sowie Bäume von 140jährigem Alter von der Krankheit befallen werden können, diese aber im letztern Alter auf die Zweige und Aeste der Krone beschränkt bleibt.

Klimatische Verhältnisse, insbesondere Frost sind vollständig indifferent, dasselbe gilt bezüglich des Bodens. Obgleich der Schaden nicht gering ist, der durch diesen Parasiten veranlasst wird, so ist es mir doch zweifelhaft, ob in

der Praxis mit Erfolg etwas gegen ihn unternommen werden kann. Die beschädigten Stämme bleiben in der Regel doch am Leben und geben Brennholz. Ein Aushieb derselben bei den Durchforschungen ist allerdings unbedingt anzurathen, soweit nicht eine schädliche Blosslegung des Bodens dadurch herbeigeführt wird.

Nectria cinnabarina.

Diese Nectria ist wohl einer der verbreitetsten Pilze, der sich auf fast allen Laubholz-Bäumen und Sträuchern ansiedelt, wenn diese durch Frost getödtet sind. Verdächtig war mir derselbe durch sein Auftreten auf Acer und Aesculus schon seit einer Reihe von Jahren und in jüngster Zeit ist es meinem Assistenten Dr. H. Mayr*) geglückt, den Beweis zu liefern, dass dieser Saprophyt unter ganz besonderen Umständen auch als Parasit aufzutreten vermag. Es ist ihm geglückt, in zahlreichen Fällen an den gesündesten Ahornpflanzen durch Infection in den Holzkörper die Erkrankung herbeizuführen. Zumal von Wurzelwunden aus, welche bei dem Verpflanzen in Gärten und Baumschulen nicht zu vermeiden sind, wächst das Mycel dieses Pilzes in den Gefässen des Holzkörpers schnell aufwärts, schwärzt den Holzkörper, während Cambium und Rindengewebe sich gesund erhalten. Der Holzkörper verliert seine Saftleitungsfähigkeit, die Blätter vertrocknen vorzeitig im Sommer oder fallen ab und die Rinde der jüngsten Triebe vertrocknet, wenn deren Holzkörper vollständig abgestorben ist. Oft erst im nächsten Frühjahre treten aus der Rinde der abgestorbenen Theile die zinnoberfarbigen Conidienpolster in grosser Zahl nebeneinander zum Vorschein und machen sich durch ihre Grösse und Färbung schon von weitem bemerkbar. Die später entstehenden Perithecien sind viel dunkler gefärbt, grösser und mit rauher Aussenseite versehen.

Es ist interessant, dass dieser Pilz dem lebenden Cambium und Rindengewebe nichts anzuhaben vermag, vielmehr nur dann regelmässig auftritt, wenn dasselbe durch Frost oder andere Umstände getödtet wurde, dass aber im Holzkörper der gesunden Pflanzen das Mycel mit ganz ausserordentlicher Geschwindigkeit aufwärts wächst und dadurch von innen aus den Tod der Pflanze bewirkt.

Abschneiden und Verbrennen der mit den Conidienpolstern und Perithecien besetzten Zweige und Aeste ist das einfachste Mittel gegen die Verbreitung desselben.

Es giebt noch eine grosse Anzahl von Kernpilzen, welche theils auf den Blättern, theils an den Zweigen der Bäume Krankheitserscheinungen hervorrufen, die aber zum grössten Theil noch nicht genau untersucht wurden, von

*) H. Mayr, Ueber den Parasitismus von Nectria cinnabarina, 1882.

denen wir nur die eine oder die andere Form der Pilze kennen, ohne sichere Kenntniss über deren Lebensweise in allen Phasen zu besitzen.

Dahin gehört:

Cercospora acerina.*)

Taf. XII, Fig. 1—9.

Eine im Jahre 1880 im Garten des forstbotanischen Institutes zu München allgemein auftretende Erkrankung der jungen Ahornkeimlinge, die ich bereits früher an Pflanzen aus Krain beobachtete, besteht darin, dass Samenlappen, junge Stengel und Laubblätter schwarzfleckig werden und bei feuchter Luft schnell ganz oder theilweise absterben. Der Parasit ist von mir nur in der Conidienform und als Dauermycel beobachtet worden. Die Conidien sind sehr lang, geschweift, mehrzellig (Fig 5) und entstehen in der Mehrzahl auf kurzen Trägern, welche an beliebigen Stellen die Oberhaut der Blätter durchbrechen (Fig. 4). Sie keimen, auf gesunde Ahornblätter ausgesäet, in feuchter Luft schon nach wenigen Stunden (Fig. 3); die Spitze des Keimschlauchs legt sich der Oberhaut innig an und das Mycel dringt durch ein kleines Bohrloch direct in das Innere der Oberhaut ein; die Wandungen werden dadurch gebräunt und es entstehen schwarze Fleckchen auf der Oberfläche.

Das intercellulare Mycel (Fig. 4 und 6) schwillt hier und da zu kräftigen, blasigen Zellen oder Zellgruppen an, in deren Innerm grosse Oeltropfen auftreten. Säet man dies Dauermycel im nächsten Jahre auf frische Ahornpflanzen aus, dann keimt dasselbe sofort aus, die Keimschläuche dringen in das Innere und erzeugen die Krankheit aufs Neue, Fig. 7. Säet man das Mycel oder die Conidien auf humose Erde oder in künstliche Nährlösung aus, dann entwickelt sich ein sehr üppiges Mycel (Fig. 8), welches theilweise Conidien bildet, in der Regel aber sehr bald in der Fig. 9 dargestellten Form zu Dauermycel anschwillt.

Der Pilz vermag sich also für gewöhnlich sehr gut als Saprophyt zu ernähren und zu erhalten, sein Parasitismus dürfte ebenfalls nur ein gelegentlicher sein.

Ein allgemeineres Interesse nehmen auch die beiden Arten der Gattung Polystigma in Anspruch, von denen Polystigma rubrum**), die Rothflecken der Pflaumenblätter und des Schwarzdorns, Polystigma fulvum eine ähnliche Krankheit auf den Blättern des Prunus Padus erzeugt. Im Sommer entstehen auf den Blättern grosse tiefrothe Flecken, die etwas verdickt sind im Vergleich zur gesunden Blattsubstanz. Zahlreiche kleine

*) R Hartig, Untersuchungen I, Seite 58.

**) Tulasne, Selecta Fungorum Carpologia II, pag. 76.

Punkte deuten die Mündungen der im Stroma verborgenen kugeligen Spermogonien an. Die Spermatien sind fadenförmig und an dem einen zugespitzten Ende hakenförmig gekrümmt. Die Perithecien entstehen auf den Flecken erst nach dem Abfalle der Blätter bis zum nächsten Frühjahre. Es sind Infectionsversuche mit den Ascosporen dieses Parasiten noch wünschenswerth, da bisher eine gründliche Untersuchung der Krankheit noch nicht stattgefunden hat.

Claviceps purpurea.*) Mutterkorn.

In wenig Worten soll hier auch der bekannten Getreidekrankheit Erwähnung geschehen, welche nach dem Auftreten eigenartiger Sclerotien oder Mycelknollen als Mutterkorn bezeichnet worden ist.

Jene bekannten, auf den meisten Gramineenarten beobachteten schwarzen Mutterkornbildungen fallen bei der Erndte zur Erde, überwintern daselbst und keimen auf feuchtem Boden im nächsten Frühjahre in der Weise, dass aus jedem Sclerotium in der Regel eine Mehrzahl von langgestielten, kugelförmigen Fruchtträgern zur Entwicklung gelangt. Die röthlichen, kugelförmigen Köpfchen zeigen in der ganzen Oberfläche eingesenkt zahlreiche flaschenförmige Perithecien, deren Mündungen etwas nach aussen hervortreten. Die Asken zeigen je 8 fadenförmige Schlauchsporen, welche aus der Mündung hervortretend in die Luft gelangen. Wenn diese fadenförmigen Sporen zufällig an Getreideblüthen gelangen und daselbst keimen, so dringt der Keimschlauch in den Fruchtknoten ein und das Mycel entwickelt sich nun im Gewebe desselben, welches fast vollständig verzehrt wird. Auf der Oberfläche zeigt der fast ganz in Pilzmycel umgewandelte Fruchtknoten gehirnförmige Vertiefungen und Erhebungen, die das Conidienpolster darstellen. Die Conidien sind sehr klein, oval, einzellig und farblos und in eine von dem Conidienpolster ausgesonderte klebrige, süssschmeckende Flüssigkeit gebettet, die zwischen den Blüthentheilen tropfenweise hervortritt und als Honigthau bezeichnet wird. Jene Conidienform des Parasiten wurde früher Sphacelia segetum benannt. Erst nach Beendigung der Conidienbildung entsteht das eigentliche Mutterkorn und zwar im Grunde des Fruchtknotens völlig unabhängig von diesem und morphologisch wesentlich verschieden von der Sphacelia segetum durch die eigenartige pseudoparenchymatische Gewebebildung. Das ursprüngliche Gewebe der Sphacelia segetum mit den etwaigen Ueberresten des Fruchtknotens stirbt völlig ab und findet sich noch kurze Zeit auf der Spitze des Mutterkornes sitzend.

Die Verbreitung der Krankheit geschieht demnach einmal durch das überwinternde Sclerotium von Jahr zu Jahr und ferner durch die Conidien, die in der Flüssigkeit des Honigthaues in zahlloser Menge suspendirt durch Insecten

*) Tulasne, Ann. des sci. nat. 3 sér. T. XX, pag. 56.

mancherlei Art verschleppt werden und, an gesunde Grasblüthen gelangend, keimen und diese inficiren.

Zur Verhütung der Krankheit sucht man reines Saatgut zu verwenden, da auch die mit der Saat auf den Acker gelangenden Sclerotien noch im Frühjahre keimen. Ferner lässt man vor der Erndte das Mutterkorn einsammeln, wodurch wenig Kosten desshalb entstehen, weil das Mutterkorn sehr hoch im Preise steht.

§ 13. Discomycetes.

Die Scheibenpilze sind von den Kernpilzen im Wesentlichen dadurch unterschieden, dass die Asken nicht auf der Innenwand eines geschlossenen kugel- oder flaschenförmigen Organes, sondern auf der Oberfläche eines scheibenförmigen offenen Fruchtkörpers gebildet werden und höchstens von einer nicht zu diesem selbst gehörigen, theilweise aus der Epidermis der Wirthspflanze gebildeten Schicht vor der Sporenreife bedeckt sind.

Exoascus. (Gymnoascus.)

Die Gattung Exoascus, die man neuerdings in drei Untergattungen: Ascomyces, Taphrina und Exoascus eingetheilt hat, ähnelt insofern der Gattung Exobasidium, als ihre Sporenschläuche, ähnlich den Basidien jener Gattung, nicht auf einem eigentlichen Fruchtkörper gebildet werden, sondern zwischen den Epidermiszellen oder zwischen Epidermiszellen und Cuticula zur Entwicklung gelangen und einen feinen Ueberzug auf dem bewohnten Pflanzentheile darstellen.

Alle Arten erzeugen charakteristische Hypertrophieen der befallenen Pflanzentheile, doch ist noch von keiner derselben der Entwicklungsgang lückenlos beobachtet worden, inbesondere ist die Infection einer gesunden Pflanze mit den Sporen der Parasiten noch nicht geglückt.

Exoascus Pruni.*)

Ein allgemein verbreiteter und durch die Erzeugung der sogenannten „Narren, Taschen, Hungerzwetschen u. s. w.“ hinlänglich bekannter Parasit. Das Mycelium desselben perennirt in den Zweigen von Prunus domestica, Pr. spinosa und Padus und zwar im Weichbaste derselben intercellular vegetirend, gelangt in die neuen Laubtriebe, dieselben deformirend, sowie in die Blüthen, in denen schon Anfang Mai eine Missbildung der Fruchtknoten erkennbar wird. Vom Weichbast ausgehend, verbreitet sich das Mycel durch das Parenchym des Fruchtfleisches und hat einestheils das Unterbleiben der Steinkern- und Samenbildung, anderntheils die Längsstreckung und bekannte Umgestaltung der Frucht zur Folge. Zahlreiche Mycelzweige drängen

*) De Bary, Beiträge zur Morphologie der Pilze I, pag. 33.

sich zwischen Oberhautzellen und Cuticula, woselbst sie durch Queräste in kurze Kammern sich theilen. Es entsteht dadurch eine fast geschlossene Schicht von Pilzmycel unter der Cuticula. Jede Pilzzelle wächst nun nach aussen zu einem kurzen, cylindrischen Askus aus und die anfangs abgehobene Cuticula wird hierbei zerrissen, so dass die Askenschicht völlig frei wird.

Jeder Askus grenzt sich durch eine Querwand von dem unteren Theile, dem „Stiele" ab und erzeugt durch freie Zellbildung im Innern 6—8 rundliche Sporen, die aus der aufplatzenden Spitze herausgeschleudert werden. Die Sporen keimen oder bilden durch Sprossung eine Art von Hefe.

Die Taschen verwelken unter Auftreten zahlreicher saprophytischer Pilzbildungen.

Exoascus deformans ist dem Vorstehenden nahe verwandt, lebt aber theils in den Blättern und Trieben von Persica vulgaris und Amygdalus communis, theils in Blättern und Trieben von Prunus avium, Cerasus und Chamaecerasus, auf diesen Holzarten nach den Untersuchungen von Rathay*) die sogenannten Hexenbesen hervorrufend. Ob die auf Kirschen vorkommende Exoascus in der That eine neue Art (Exoascus Wiesneri) ist, wie Rathay annimmt, und die aufgeführten Verschiedenheiten nicht etwa durch die Verschiedenheit der Wirthspflanzen bedingt sei, dürfte zunächst bis zur Ausführung von Infectionsversuchen zweifelhaft bleiben. Auf den Blättern werden eigenthümliche Kräuselungen hervorgerufen, ähnlich solchen, wie sie zuweilen durch Blattläuse entstehen, die vom Pilz bewohnten Zweige zeigen reiche Verästelungen, meist ausgesprochen negativen Geotropismus und oft hypertrophisch entwickelte untere Zweigtheile. Es sind die Donnerbesen oder Hexenbesen. Die Zweige dieser Hexenbesen sind im unteren Theile oft um das Mehrfache dicker als die Zweige, denen sie entspringen, werden dagegen nach ihrer Spitze zu normal und dürfte diese Erscheinung, ähnlich wie die Stengelanschwellung der Preisselbeeren (Seite 57), dadurch zu erklären sein, dass das Mycel beim langsamen Nachwachsen in die jungen Triebe nur an deren Basis noch ein unfertiges Gewebe antrifft, welches unter der Einwirkung des Parasiten abnorm sich vergrössert oder vermehrt, während es zu spät in die Triebspitze gelangt, um auch hier noch wirksam sein zu können.

Exoascus Alni. (Ascomyces Tosquinetii.)

Diese Art erzeugt eine Kräuselung und ein Vertrocknen der Erlenblätter im Vorsommer, veranlasst die Entstehung kleiner Flecken auf den Blättern im Nachsommer und insbesondere sehr auffällige, an die Taschen der Pflaumen erinnernde Deformationen der Erlenzapfenschuppen. Leider fehlt auch für

*) Rathay, Ueber die Hexenbesen der Kirschbäume und über Exoascus Wiesneri Rath. im Sitzber. d. Wien. Akad. d. Wissensch., Bd. LXXXIII, Abh. I. Märzheft 1881.

diesen Pilz noch der Nachweis des ganzen Entwicklungsganges. Es ist hervorzuheben, dass die letztere Form der Krankheit in den Bairischen Alpen fast überall und alljährlich an den Weissellern auftritt, die an den Ufern der Bäche und Flüsschen stehen. Magnus*) hat nachgewiesen, dass die Asken nicht zwischen Cuticula und Oberhautzellen, sondern in den letzteren selbst entstehen.



Fig. 49.
Fruchtzapfen von Alnus incana durch Exoascus Alni verunstaltet.

Exoascus (Ascomyces) bullatus veranlasst vorzugsweise auf den Blättern von Crataegus Oxyacantha während des Monats Mai blasige, aufgetriebene Stellen von röthlicher Farbe. Auch von dieser Art ist, wie von der vorigen, noch nicht nachgewiesen, ob das die Asken erzeugende Mycel in der Oberhaut mit einem in den Trieben perennirenden Mycel in Beziehung steht.



Fig. 50.
Hexenbesen von Carpinus Betulus, durch Exoascus Carpini hervorgerufen. 1/3 Natürl. Gr.

Exoascus Carpini Eriks. erzeugt die bekannten Hexenbesen der Hainbuche. An einem bei München stehenden, mit zahlreichen Hexenbesen

*) Magnus, Hedwigia 1874 S. 135.

besetzten alten Stamme untersuchte ich schon Anfang Mai bei Laubausbruch die eben aus der Knospe sich entwickelnden Blätter und fand diese sämmtlich von reichem Mycel durchzogen. Anfang Juli waren die gekräuselten Blätter zwischen den Blattrippen reichlich mit reifen Asken besetzt

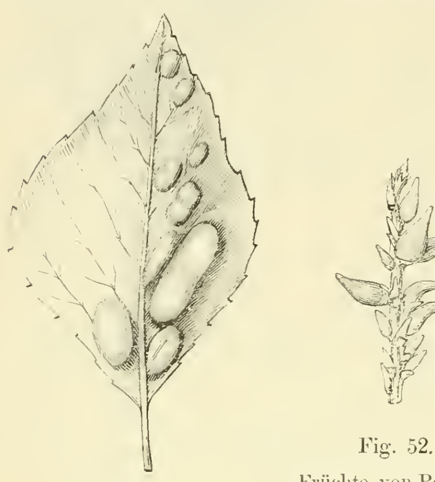


Fig. 51.
Blatt von Populus nigra mit Exoascus Populi.

Fig. 52.
Früchte von Populus tremula durch Exoascus Populi verunstaltet.

Exoascus Populi (Taphrina aurea) veranlasst auf den Blättern der Populus nigra halbkuglig aufgetriebene, zur Reifezeit etwas gelblich gefärbte Stellen (Fig. 51), an den Früchten von Populus tremula und atheniensis fand ich sie bei Eberswalde in grosser Menge. Die inficirten Früchte erreichen doppelte bis dreifache Länge und sind schön goldgelb gefärbt (Fig. 52).

Es ist weiter zu untersuchen, ob es nicht gelingt, durch künstliche Infection die Lebensweise der vorgenannten Parasiten lückenlos zu beobachten, es ist aber auch das Augenmerk auf die bisher noch nicht untersuchten Hexenbesen anderer Holzarten zu richten, da es wohl möglich ist, dass auch diese, z. B. die Birkenhexenbesen, durch Arten dieser Gattung erzeugt werden.

Peziza Willkommii.*)

Taf. XI, Fig. 10—19.

Der Lärchenkrebspilz ist die Ursache einer der verderblichsten und weit verbreitetsten Lärchenkrankheiten. Er wurde zuerst von Willkomm**) beschrieben, jedoch verkannt und als Corticium amorphum bestimmt.

Das Corticium hat aber nur eine äusserliche Aehnlichkeit mit der Peziza und gehört zu den Basidiomyceten. Ebenfalls nur auf Grund einer makroskopischen Aehnlichkeit wurde er dann als Peziza calycina bestimmt, bis ich erkannte, dass es sich bei vorliegendem Pilz um eine neue noch unbenannte Art handelt. Dies nur zur Aufklärung der beklagenswerthen Namenveränderungen.

Die Lärche ist ein Waldbaum, der überall in Deutschland herrlich gedeiht, keine nennenswerthe Beschädigungen durch Frost erleidet, wenigstens nicht

*) R. Hartig, Untersuchungen aus dem forstb. Inst. I, S. 63—88.
**) Willkomm, Mikroskopische Feinde d. Waldes II, S. 167 ff.

mehr als unsere einheimischen Holzarten, dessen Verbreitung aber von Haus aus auf die höheren Gebirgslagen der Alpen beschränkt blieb, weil er nur dort seinen Feinden erfolgreichen Widerstand zu leisten vermag. Zu diesen Feinden gehört bekanntlich eine Mehrzahl von Insekten, unter diesen in erster Linie die Lärchenmotte, Coleophora laricella. Dieses Insekt findet man auch in den Alpen bis zu bedeutender Höhe (1250 m) in so grosser Verbreitung und so massenhaft auftreten, dass es zunächst auffällt, wesshalb dasselbe dort kaum irgend welchen Schaden veranlasst. Es erklärt sich das in einfacher Weise aus dem Umstande, dass in den Hochlagen der Alpen der Uebergang vom Winter zum Frühjahre ein sehr schneller ist, die Entwicklung der Nadelbüschel nur kurze Zeit in Anspruch nimmt. Im Flachlande beginnt die Lärche schon Ende März grüne Knöspchen zu zeigen, die dann oft sehr lange Zeit in der Entwicklung stehen bleiben, bis Anfang Mai das Wachsthum der Nadeln schneller fortschreitet. Diese Periode ist für die Lärche die gefährliche, weil auch die Räupchen aus dem Winterschlafe Ende März erwachen und an den grünen Knöspchen zu fressen anfangen. Bei langsamer Entwicklung der Vegetation werden die Knospen zum grossen Theile ausgefressen, die Bäume grösstentheils entnadelt, bei schneller Entwicklung der Nadelbüschel genügt ein geringer Theil der Belaubung zur Ernährung der Raupen. Der kurze Frühling schützt in den Alpen die Lärche vor der völligen oder allzustarken Entnadelung, die zumal nach öfterer Wiederholung das Kümmern und Absterben der Bäume zur Folge hat. Auch die Lärchenblattlaus Chermes Laricis schädigt die Benadelung der Lärche in hohem Grade, wenn auch bei weitem nicht so sehr wie die Motte. Ganz verschieden von diesem Hinsiechen der Lärchen in Folge der Beschädigungen der Motte oder Blattlaus u. s. w. ist die durch Peziza Willkommii veranlasste Rindenkrankheit. Dieser Parasit ist in den Hochlagen der Alpen einheimisch und erzeugt dort dieselbe Krankheit, welche den Untergang zahlloser Bestände in Mittel- und Norddeutschland zur Folge gehabt hat, aber nur unter besonderen äusseren Verhältnissen tritt sie in den Alpen verderblich für ganze Bestände auf. Um dies richtig beurtheilen zu können, müssen wir zunächst auf den Entwicklungsgang des Parasiten hinblicken.

Die Sporen desselben, welche in den weiter unten zu beschreibenden schüsselförmigen Früchten entstehen, keimen bei genügender Feuchtigkeit bald (Fig. 20), können aber nicht in die unverletzte Pflanze, sondern nur an irgend einer Wundstelle eindringen. Solche Wundstellen entstehen sehr oft durch das Herunterbeugen der Zweige bei Schnee oder Duftanhang im oberen Winkel an der Basis des Zweiges (Fig. 12 *b*), durch Hagelschlag, oder durch das Ausfressen der Kurztriebe im Frühjahre, wovon vorher gesprochen wurde. Von solchen Wundstellen aus entwickelt sich das kräftige, reich verästelte, septirte Mycel

im Weichbaste theils intercellular, theils intracellular in den Siebröhren fortwachsend (Fig. 15), die Gewebe tödtend und bräunend. Das Mycel wächst auch in den Holzkörper hinein und zwar bis zur Markröhre vordringend.

Soweit im ersten Jahre das Rindengewebe getödtet wird, vertrocknet es und erscheint zumal nach dem Eintritt des neuen Dickenwachsthums des gesunden Pflanzentheiles als eine Vertiefung (Fig. 12).

Im Sommer hört das Wachsthum des Pilzmycels auf und es entsteht auf der Grenze des gesunden und kranken Gewebes eine ungemein breite Korkschicht zum Schutze der Pflanze. Diese Korkschichten (Fig. 10 *b*, *b*), welche sich zwischen todter und lebender Rinde bilden, veranlassen, dass äusserlich die Rinde auf der Grenze der Krebsstelle hier und da aufplatzt (Fig. 12, 13) und dadurch das Ausfliessen von Terpentin aus dem Inneren des Baumes ermöglicht wird. Alljährlich vergrössert sich die Krebsstelle in der ganzen Peripherie und zwar in der Längsrichtung des Stammes etwas schneller, als in horizontaler Richtung und ist es wahrscheinlich die Lebensthätigkeit des Rindengewebes, welche im Sommer eine periodische Unterbrechung im Fortschreiten des Parasiten veranlasst. Das Pilzmycel gelangt entweder durch die Cambialregion oder durch Vermittelung des Holzkörpers immer wieder in die lebende Bastschicht, so dass die Korkschicht in der That nur geringen Nutzen gewährt. In demselben Maasse, als die Wanderung der Bildungsstoffe auf die eine Seite des Stammtheiles gedrängt wird, steigert sich dort auch der Zuwachs einerseits des Holzkörpers, andererseits des Basttheiles (Fig. 10). Es kann dadurch der Kampf zwischen Parasit und Wirthspflanze lange Zeit unentschieden bleiben und fand ich in Tyrol lebende Lärchenstämme mit Krebsstellen von nahezu 80jährigem Alter.

Rückt der Parasit relativ schnell vor und ist anderseits der Zuwachs des Baumtheiles ein langsamer, dann umfasst die Krebsstelle frühzeitig den ganzen Stamm oder Zweig (Fig. 10), der dann oberhalb dieser Stelle abstirbt.

Durch künstliche Mycelinfection kann man fast ausnahmslos an jeder Stelle einer gesunden Lärche eine Krebsstelle erzeugen, wie solche im Querschnitt (Fig. 11) dargestellt ist.

Auf der Krebsstelle entstehen bald nach dem Tode des Rindengewebes die Fruchtpolster des Parasiten in Gestalt kleiner gelbweisser Pustel von Stecknadelkopfgrösse (Fig. 12 *c*, Fig. 13 *a*). Im Innern dieser Polster, theilweise auch auf deren Oberfläche, entstehen wurmförmige Gänge oder rundliche Höhlungen (Fig. 18), deren Oberfläche mit zahllosen pfriemenförmigen Basidien (Fig. 16 *b*) besetzt ist, an deren Spitze äusserst kleine Zellchen (Fig. 16 *c*) entstehen. Ob diese Organe, die keimunfähig zu sein scheinen, verkümmerte Conidien sind oder den als Spermatien bezeichneten Organen zugezählt werden

müssen, bleibt vorerst unentschieden. Hier ist es insbesondere wichtig, zu betonen, dass sie nicht zur Verbreitung des Parasiten beizutragen vermögen.

Die kleinen Fruchtpolster sind sehr empfindlich gegen Lufttrockniss und Luftzug, sie vertrocknen leicht und sterben ab. Nur dann entwickeln sie sich, wenn sie von anhaltend feuchter Luft umgeben sind. Es erscheinen dann auf ihnen die bekannten Schüsselfrüchte (Fig. 13 *bb*), deren Hymenialschicht (Fig. 18 *dd*) eine schön rothe Farbe besitzt. Die Hymenialschicht besteht aus zahllosen von fadenförmigen Paraphysen (Fig. 19 *a*) umgebenen Asken (Fig. 19 *b*, *c*, *d*), in deren Innerem je 8 farblose Sporen sich bilden.

Aus dem vorstehend kurz zusammengefassten Ergebnisse meiner Untersuchung lassen sich die bekannten Thatsachen des Auftretens und der Verbreitung der Krankheit erklären.

Die Krebskrankheit ist in den Hochalpen von jeher zu Hause gewesen, sie tritt in auffälliger Intensität nur in feuchten, dumpfen Thälern, in der nächsten Umgebung der Seeen (z. B. Achensee in Tyrol u. s. w.) auf, tödtet aber auch in Freilagen hier und da einzelne Stämmchen. In den Freilagen und Thalgehängen gelangen in Folge des ständigen Luftzuges auch an den Krebsstellen die Früchte des Pilzes nie zur Reife. Nur an solchen Krebsstellen, welche dicht über der Erde am Fusse der Stämme sich finden, reifen die Schüsselfrüchte, weil der umgebende hohe Graswuchs den Luftzug abhält und die jungen Früchte feucht bleiben.

Als in den ersten Decennien dieses Jahrhunderts die Lärche versuchsweise hier und da in Deutschland angebaut wurde, war der Feind in der Heimath zurückgeblieben und die Lärche gedieh aufs Beste. Wohl jeder ältere Forstmann kennt einzelne Lärchenhorste des herrlichsten Wuchses, aus jener Zeit herstammend. Die glücklichen Resultate hatten einen allgemeinen Anbau der Lärche durch ganz Deutschland zur Folge. Man konnte sehr schöne Resultate des Anbaues erkennen auch da wo geringe Bodengüte nur wenig Hoffnung gewährten.

Nachdem aber kleinere und grössere Bestände vom Fusse der Alpen bis zu den Küsten der Nord- und Ostsee entstanden waren, begab sich aus den Alpen herniedersteigend der Pilz auf die Wanderung und überall fand er die günstigsten Verhältnisse zu seiner Entwicklung, Verhältnisse, die in jeder Beziehung ihm günstiger waren, als die heimathlichen Zustände.

Junge, reine Bestände bei dichtem Pflanzenstand, Nachbesserungshorste in vorwüchsigen Buchenbeständen, feuchte, stagnirende Luft, Verwundungen durch Mottenfrass u. s. w., Handel mit kranken Lärchen von Seiten der Baumschulen und Versendung kranker Lärchen von Revier zu Revier.

Unter diesen Verhältnissen gelangten die Pilzfrüchte an den Krebsstellen zu üppiger Entwicklung und zur Sporenreife, die Sporen fanden im geschlossenen

reinen Bestande leicht Gelegenheit zum Keimen und Eindringen u. s. w. Heute ist von der grossen Zahl hoffnungsreicher junger Bestände nicht viel mehr übrig geblieben. Am ehesten haben sich die Lärchen noch in solchen Beständen erhalten, wo sie vorwüchsig eingesprengt wurden; der Luftzug in den frei entwickelten Kronen hat nicht nur die Erkrankung, sondern auch an den erkrankten Exemplaren die Sporenreife verhindert.

Ich glaube nicht zu irren, wenn ich den beschränkten ursprünglichen Verbreitungsbezirk der Lärche fast allein dem Umstande zuschreibe, dass nur die eigenartigen klimatischen Verhältnisse der Alpen bei dem Kampfe der Lärchen mit ihren Feinden jenen die Existenz erhalten haben, dass ihre Verbreitung in das Tiefland immer wieder dadurch vereitelt wurde, dass ihre Feinde daselbst allzusehr begünstigt wurden.

Haben wir einen erkrankten Lärchenbestand vor uns, so kommt es zunächst darauf an, festzustellen, ob wir es lediglich mit Beschädigungen durch Mottenfrass, oder ob wir es mit Pilzkrebs zu thun haben.

Oft genug wird beides neben einander auftreten. Handelt es sich lediglich um ein Kümmern in Folge von Mottenfrass, dann kann eine Ausästung der Krone bis zu dem kräftigeren oberen Theile hin von bleibend gutem Erfolge sein. Die im Baume während des Vorjahres abgelagerten Reservestoffe kommen den verbliebenen oberen Zweigen zu Gute. Dieselben treiben kräftig und können, zumal die Motte mehr die untere Krone befällt, zur Ausbildung einer gesund bleibenden guten Krone führen.

Handelt es sich um Pilzbeschädigung, dann kann Ausästung nur dann etwas helfen, wenn der Schaft im Ganzen, zumal in der Krone, gesund ist. Kleinere Krebsstellen unten am Baume tödten trotz ihrer Vergrösserung doch bei gutem Zuwachse des Baumes erst in hohem Alter.

Krebsstellen an den Aesten sind an sich von geringer Bedeutung, bringen nur die Gefahr der Weiterverbreitung der Krankheit durch Sporen mit sich.

Was den zukünftigen Anbau der an sich so werthvollen Holzart im Flachlande und Hügellande betrifft, so ergiebt sich aus dem Mitgetheilten, dass sie nur in einzelnem Stande, womöglich etwas vorwüchsig, in andere Holzarten einzusprengen, nur in freien Lagen und nie in reinen Beständen zu erziehen sein dürfte, dass da, wo kranke Bestände in nächster Nähe sich befinden, besser auf den Anbau Verzicht geleistet wird, dass grösste Vorsicht anzuwenden ist beim Bezug fremder Pflanzen, dass in Saat- oder Pflanzbeeten etwa erkrankende Pflanzen sofort beseitigt und verbrannt werden müssen.

Rhytisma acerinum.

Eine der bekanntesten Blattfleckenkrankheiten des Ahorn wird durch den Runzelschorf hervorgerufen. Es leiden vorzugsweise Acer platanoides,

in geringerem Maasse auch Acer Pseudoplatanus und campestre durch diesen Parasiten. Auf den Blättern beobachtet man im Juli zuerst gelbe, rundliche Flecke von 1—2 cm Grösse. Im August schwärzen sich dieselben (Fig. 53) und die Blätter fallen meist etwas vorzeitig ab, so dass Ende September die Bäume grösstentheils entlaubt sind.

Erst im Laufe des Winters und nächsten Frühjahres entstehen auf den schwarzen Flecken des verfaulenden Laubes zahlreiche, etwas hervortretende, wurmartig gekrümmte Perithecien, die sich durch einen Längsspalt bei feuchtwarmer Witterung öffnen. Es ist sehr leicht, künstlich die Krankheit zu erzeugen, wenn man bei Regenwetter, oder im Feuchtraume im Mai solche schwarze Blattstellen vorjähriger Blätter auf junge Ahornblätter legt. Die fadenförmigen Sporen fallen aus, keimen und erzeugen neue Flecke. Die Entstehung der Perithecien, sowie die Entwicklung des schwarzen Stroma hat viel Aehnlichkeit mit der nächsten Gattung Hysterium, wesshalb ich nicht weiter darauf eingehen will.

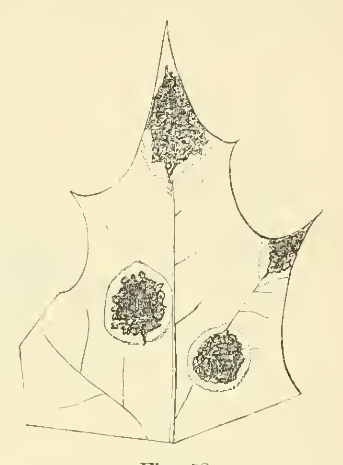


Fig. 53.
Rhytisma acerinum auf einem Stück Spitzahornblatt. Die schwarzen Flecken sind von einer todten, hellbraunen Zone umgeben.

Der Schaden besteht in Verminderung der Assimilationsthätigkeit der Blätter, doch ist derselbe nicht so gross, dass die Kosten der Gegenmassregeln sich verlohnen würden. Diese würden darin bestehen, dass man das Laub im Herbste zusammenkehren und entfernen liesse.

In Gärten und Parkanlagen, wo dies aus anderen Gründen geschieht, z. B. im Englischen Garten bei München, trifft man nie ein Rhytisma, während in der nächsten Umgebung Münchens an den Landstrassen und Waldwegen, wo das Laub in Gräben und Vertiefungen liegen bleibt, die Krankheit in höchster Intensität auftritt.

Rhytisma salicinum.

Aehnliche schwarze Flecken entstehen oftmals auf Salix purpurea, nigricans, Caprea, aurita u. s. w., die durch Rhytisma salicinum erzeugt werden, aber von relativ geringer Bedeutung sind.

Hysterium. (Hypoderma.)

Die Gattung Hysterium besitzt schwarze, elliptische bis lineale Fruchtkörper, die als schwarze, glänzende Wülste aus der Blattsubstanz hervortreten.

Die Sporen sind lineal, ihre Wandung ist aussen gallertartig gequollen. Ihr Keimschlauch dringt bei den nachstehend aufgeführten drei Arten wahrscheinlich immer in die Spaltöffnungen ein. Das Mycel verbreitet sich intercellular im Parenchym der Nadeln, tödtet und bräunt dasselbe. Erfolgt die Erkrankung einer Nadel nahe der Basis zu einer Zeit, wo die oberen Theile der Nadel noch gesund sind und unter dem Einflusse des Lichtes assimiliren, und wird die Fortführung der Assimilationsproducte aus der Nadel durch Tödtung der Bastorgane verhindert, dann sammeln sich die Bildungsstoffe in

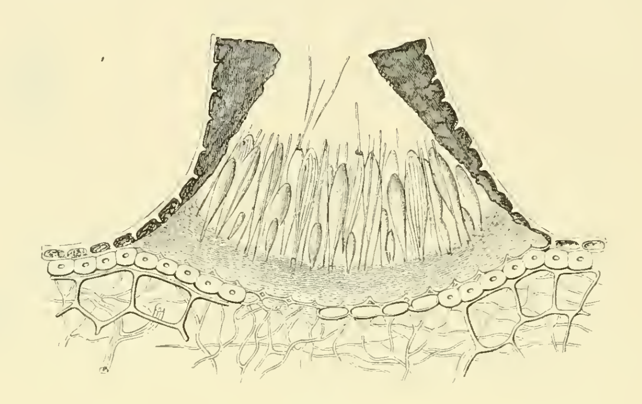


Fig. 54.
Hysterium macrosporum, Querschnitt durch ein reifes aufgeplatztes Fruchtlager.

Form von Stärkekörnern in so grosser Menge in den Nadeln an, dass diese damit vollgestopft erscheinen.

Das sich zunächst mattgrün färbende Blattgewebe wird später gebräunt und oft erst nach Jahr und Tag entstehen die Fruchtkörper auf ihnen. Den Ascosporen erzeugenden Früchten gehen oft Spermogonien voraus, die bei der Weisstannennadel Fig. 56 auf der Oberseite in zwei wellig gekräuselten Längswülsten liegen, während die Ascosporen erzeugenden Perithecien auf der Unterseite der Nadel in einer Längswulst vereinigt sind. Sie entstehen dadurch, dass das Mycel ins Innere der Epidermiszellen eindringt, diese sprengt und durch üppige Wucherung einen im Querschnitt linsenförmigen Pilzkörper bildet, der sich später tiefbraun färbt.

Unter diesem mit der Aussenwand der Epidermiszellen innig verwachsenden Mycelkörper entsteht das Stroma, welches zunächst Paraphysen und später die Asken entwickelt.

Die Sporen reifen im Frühjahre und fliegen aus, wenn ein länger anhaltendes Regenwetter die todten Nadeln mit Wasser durchsättigt hat, so dass von innen aus die Wasserzufuhr ein Quellen der Paraphysen und Sporen-

wandungen hervorruft. Diese Quellung führt zum Platzen des Organes in einem Längsrisse, der sich sofort wieder schliesst, wenn trocknes Wetter eintritt, oder die Sporen ausgeflogen sind (Fig. 54).

Hysterium nervisequium.*)

Der Weisstannenritzenschorf ist soweit verbreitet, als die Tanne vorkommt; in entschieden schädlicher Form sah ich ihn nur im Erzgebirge, woselbst grössere Tannenbestände auch höheren Alters die überwiegende Mehrzahl ihrer Nadeln verloren haben. Die Bräunung beobachtet man immer erst im Mai bis Juli an den zweijährigen ins dritte Lebensjahr eintretenden Nadeln. Der Bräunung folgt dann wenige Monate darauf die Entwicklung der Spermogonien auf der Oberseite der Nadeln, die zu zwei wellig gekräuselten schwarzen Längswülsten vereint sind (Fig. 56 rechts), worauf dann später die Perithecien in einem Längswulst auf der Mittelrippe der Unterseite hervortreten, die dann im April des nächsten Jahres, also an den dreijährigen Trieben reifen. Ein grosser Theil der Nadeln fällt aber schon zuvor ab und nur ein kleiner Theil entwickelt seine Perithecien auf den am Baume festsitzenden Nadeln. Es sei noch bemerkt, dass auch noch ältere Nadeln neu erkranken können.

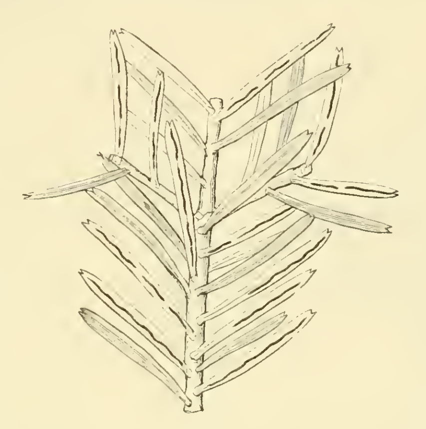


Fig. 55.
Weisstannenzweig von unten gesehen, die Perithecien in schrägem Längswulst vereint.

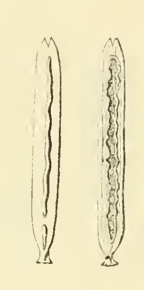


Fig. 56.
Tannennadel mit Hysterium nervisequium. Links die Unterseite mit dem Perithecium, rechts Oberseite mit Spermogonium.

Hysterium macrosporum.**)

Der Fichtenritzenschorf erzeugt die Fichtennadelröthe, die in 10—40jährigen Beständen in manchen Jahren ungemein intensiv auftritt.

Sie äussert sich darin, dass die Nadeln der vorjährigen Triebe schon im Mai oder erst im Herbste sich bräunen, dass vor der Bräunung schon immer ein reiches Mycel in ihnen nachzuweisen ist. Nadeln, die schon im Frühjahr

*) R. Hartig, Wichtige Krankheiten, S. 114 ff.
**) Ders., Wichtige Krankheiten, S. 101.

sich verfärben, zeigen im Juli desselben Jahres die Anfänge der Perithecienbildung und diese reifen dann im nächsten Frühjahre im April und Mai. Sie befinden sich alsdann an den zweijährigen Trieben. Diesen schnellen Entwicklungsgang beobachtete ich im feuchten Klima des Erzgebirges, während bei Eberswalde die Bräunung erst im October an den Nadeln der zweijährigen Triebe auftritt, die erste Anlage der Früchte im Juni des nächsten Jahres an den dreijährigen Nadeln erfolgt, wonach dann die Sporenreife im März und April des folgenden Jahres eintritt. Die Perithecien erscheinen meist nur auf den beiden unteren Seiten der Nadeln als lange, gerade, glänzend schwarze Wülste (Fig. 58). Die Sporen sind um das Doppelte länger als die des Weisstannenritzenschorfes. Es ist wünschenswerth, dass diesem und dem zuvor beschriebenen Weisstannenritzenschorf noch die Aufmerksamkeit der Forscher zugelenkt werde, da manche Einzelnheiten aus der Entwicklung der Parasiten mir noch nicht völlig klar geworden sind. Insbesondere ist die Erscheinung noch unerklärt, wesshalb manche Fichten schon die Nadeln des ersten Jahrestriebes im Herbste nach eingetretener Bräunung verlieren, fast vollständig „schütten". Auf solchen Nadeln entwickeln sich keine langen Perithecienwülste, sondern kleine, isolirte Perithecienhöcker, ähnlich denen des Hysterium Pinastri. Es wäre zu untersuchen, ob nicht diese letztere Form identisch mit dem Fichtenritzenschorf ist, eine Frage, die nur auf experimentellem Wege durch Infectionsversuche beantwortet werden kann.



Fig. 57.
Fichtenzweig mit gebräunten Nadeln an den oberen zweijährigen Trieben, mit Perithecien an den dreijährigen Trieben.

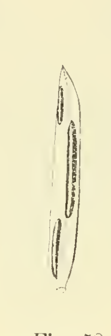


Fig. 58.
Perithecie auf Fichtennadel.

Hysterium Pinastri.

Der Kiefernritzenschorf ist eine überall in Kiefernbeständen auf den natürlich absterbenden Nadeln auftretende Pilzart, die bereits von Göppert*) als die Ursache der Kiefernnadelschütte bezeichnet worden ist. Neuerdings haben sich Prantl**) und Tursky in Moskau auf Grund angestellter Infectionsversuche der Göppert'schen Annahme angeschlossen.

*) Göppert, Verhandl. d. schlesischen Forstvereins 1852, S. 67.
**) Prantl, Flora 1877 Nr. 2.

Bekanntlich stehen der sogenannten Pilztheorie in Bezug auf die Kiefernschütte zwei andere Theorien gegenüber. Nach der einen entsteht sie in Folge eines Missverhältnisses zwischen Wasseraufnahme der Pflanze durch die Wurzeln und zwischen Verdunstungsmenge der Nadeln und ist lediglich als ein Vertrocknen aufzufassen. Nach einer dritten Theorie soll sie durch Frostbeschädigung entstehen.

Wenn ich bis zu dieser Stunde mich nirgends in der Literatur über die Kiefernschütte geäussert habe, so entsprang dies dem Wunsche, mir erst volle Klarheit zu verschaffen. Ich würde auch jetzt lieber schweigen, wenn ich nicht annehmen müsste, dass meine Leser von mir eine Aeusserung verlangen über eine Erscheinung, über die schon so erschrecklich viele „Meinungen" in der Literatur zum Ausdruck gebracht sind.

Was zunächst den Frost betrifft, so können junge Kiefernnadeln in der That getödtet werden. Am 23. Juli 1878 wurden im Revier Turoscheln ältere Kiefern zumal die Randbäume vom Froste so schwer betroffen, dass die neuen Nadeln ausserhalb der Scheiden abstarben.

Da die Kiefer aber erst Anfang Juni ihre Nadeln aus der Scheide hervortreten lässt, so sind es doch nur ganz seltene Fälle und beschränkte Oertlichkeiten, in denen der Spätfrost Schaden anzurichten vermag. Der Winterfrost vermag der Kiefer nie etwas anzuhaben.

Was die Vertrocknungstheorie betrifft, so ist in der That in sehr vielen Fällen die Bräunung, der Tod und das Abfallen der Nadeln Folge des Vertrocknens. Zur Bestätigung dieser Behauptung theile ich einige Beobachtungen mit. Wenn im Winter die Kiefernsaatbeete mit Schnee bedeckt waren und nach einigen sonnigen warmen Tagen der Schnee verschwindet, ohne dass der Boden aufthaut, so tritt bald darauf Bräunung der Nadeln ein, die Kiefern bekommen die „Schütte". Untersucht man solche sich bräunende Nadeln unmittelbar nach dem Auftreten der Krankheit, so findet man keine Spur von Pilzmycel. Es ist auch charakteristisch, dass die Bräunung gleichmässig über die ganze Nadel sich verbreitet oder von der Spitze aus mehr oder weniger weit herab gleichmässig vorschreitet. Wir haben es in solchen Fällen mit einem Vertrocknen der Nadeln zu thun, die aus dem gefrorenen Boden nicht genügende Wassermengen zugeführt erhielten, um den Verlust durch Verdunstung bei klarem, trocknem Winterwetter zu ersetzen. Es ist dieselbe Ursache, die auch an Pinus Strobus, an Fichte und anderen Nadelhölzern, sowie an immergrünen Laubhölzern, die irrthümlich als Frosterscheinung aufgefasste Beschädigung der Belaubung, nämlich deren Vertrocknen auf der dem Winde oder der Sonne ausgesetzten Pflanzenseite zur Folge hat. Sicherlich wird man nicht das Vertrocknen der Fichtennadeln im Winter auf der Sonnenseite für Frost halten, ebensowenig aber das Braunwerden der jungen Kiefern in Folge directer Insolation und starken Luftzuges bei gefrornem Boden.

Im Hochsommer tritt genau dieselbe Erscheinung im Monat Juli bei trockener Witterung dann ein, wenn auf Sandböden Kiefern im Rillensaatbeete ein zweites Jahr stehen geblieben sind. Es erhalten sich nur diejenigen Kiefern völlig gesund, welche zu beiden Seiten der Wege, d. h. am Rande der Beete stehen.

Im Frühjahre, so lange der Boden noch frisch ist und die jungen vorjährigen Kiefern noch nicht ausgetrieben haben, sind dieselben völlig gesund. Sie treiben auch oberirdisch und unterirdisch, jedoch weniger kräftig als die Randpflanzen, deren Wurzeln auch aus den Wegen Wasser und Nahrung beziehen können. Steigert sich im Juli theils in Folge der trocknen und warmen Luft, theils durch Ausbildung der neuen Triebe und Blätter die Verdunstung der Pflanzen bedeutend, hat andererseits der Boden seine Winterfeuchtigkeit verloren, dann vertrocknen die Kiefern gerade so, wie sie im Winter bei gefrornem Boden und klarem Himmel vertrocknen. Es bleiben nur die Pflanzen grün, die den Wegen oder überhaupt dem Beetrande zunächst stehen.

Nach einem heftigen Frühfroste im October war der Boden der Kiefernsaatbeete des Eberswalder Forstgartens noch um die Mittagszeit da festgefroren, wohin die Sonne nicht geschienen hatte, dagegen war schon vor Mittag der Boden völlig aufgethaut und durchwärmt, soweit die Sonne ihn hatte treffen können. Die Saatbeete waren durchweg sehr schön grün und gesund.

Wenige Tage nachher waren sämmtliche Kiefernsaatbeete, soweit sie im Schatten gelegen hatten, roth, während die insolirten Flächen völlig gesund geblieben waren. Diese Erscheinung vermag ich mir nur zu erklären aus dem Umstande, dass der gefrorene Boden die Wasseraufnahme durch die Wurzeln behinderte, während der klare Himmel und die relativ warme Luft die Verdunstung der Nadeln beförderte.

Beschattung hatte in diesem Falle schädlich gewirkt.

Was die zuerst von Göppert aufgestellte Pilztheorie betrifft, so unterliegt es keinem Zweifel, dass es auch Erkrankungen der Kiefer giebt, bei denen das Hysterium Pinastri eine hervorragende, ja die wichtigste Rolle spielt, bei denen dieselbe als ächter Parasit auftritt.

Schon vor 10 Jahren machte ich die Beobachtung auf den Kiefernsaatbeeten der Eberswalder Forstgärten, dass dann, wenn zufällig oder versuchsweise kleine Beete von Kiefernpflanzen stehen blieben, die die Schütte hatten, dann ringsherum die neu angelegten Saatbeete im darauf folgenden Herbste und Winter erkrankten. Unmittelbar neben dem Infectionsbeete war die Bräunung am intensivsten und alle Pflanzen starben ab, mit jedem Schritt Entfernung von dort verminderte sich die Erkrankung und etwa 5 Schritte davon war alles völlig gesund. Diese Erscheinung habe ich eine Reihe von Jahren jedesmal wieder beobachtet und sie beweist schon zur Genüge, dass das Hys-

terium ein Parasit ist, was auch durch die von Tursky und Prantl ausgeführten und geglückten Infectionsversuche bestätigt wird.

Die Erkrankungssymptome sind anderer Art, als die, welche das Absterben der Nadeln nach Trockniss begleiten. Die Nadeln erhalten zuerst kleine braune Flecken, bei deren Untersuchung stets das charakteristische Pilzmycel des Hysterium zu finden ist. Das Absterben der ganzen Nadel tritt erst später und

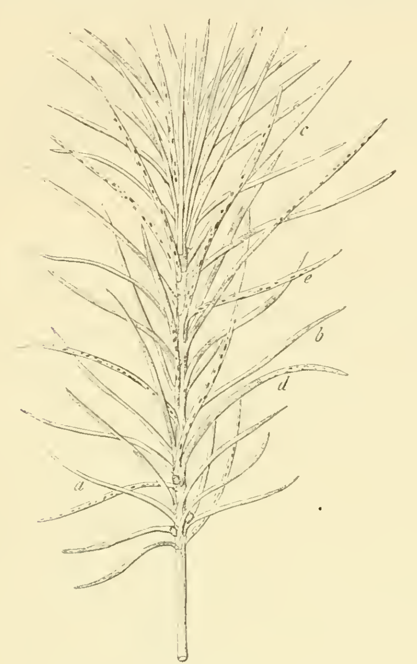


Fig. 59.
Einjährige Kiefer im Frühjahre, durch Hysterium Pinastri befallen. *a* Gesunde grüne Nadel. *b* Nadel, deren Spitze braun, deren Basis noch grün ist. *c* Grüne Nadel mit vielen braunen Flecken. *d* Nadel, deren obere Hälfte schon im Winter sich bräunte und nun Spermogonien des Hyster. Pin. trägt, während die Basis erst kürzlich gebräunt ist. *e* Völlig getödtete und mit Spermogonien besetzte Nadel.

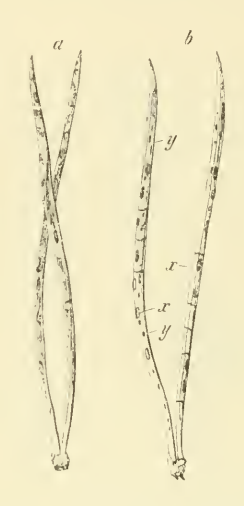


Fig. 60.
a Einjährige Kiefernnadeln im April mit braunen Infectionsflecken, die Basis noch grün. *b* Zweijährige Kiefernnadeln, abgestorben mit reifen Perithecien *x* und entleerten Spermogonien *y* im April.

zwar wohl meist in Folge davon ein, dass das Pilzmycel auch die leitenden Organe tödtet. Kiefernkeimlingspflanzen entwickeln schon im milden Winter reichliche Spermogonien auf den gebräunten Blättern, wie Fig. 59 zeigt. Die Entwicklung der Perithecien tritt erst später ein. An zwei- und mehrjährigen Kiefern tritt ebenfalls in milden Wintern oder erst im Frühjahre ein Fleckigwerden an den Nadeln der jüngsten Triebe hervor. Fig. 60 *a*. Die reifen Perithecien finden sich dagegen erst an den Nadeln der zweijährigen Triebe, die ein Jahr zuvor abgestorben waren, beziehungsweise an den auf der Erde liegenden abgefallenen Nadeln Fig. 60 *b*.

Da Herr Prantl schon seit dem Jahre 1877 mit der Untersuchung dieses Parasiten sich befasst und die demnächstige Veröffentlichung seiner Resultate angekündigt hat, so habe ich darauf verzichtet, dieselben einer genaueren Untersuchung zu unterziehen. Es dürfte hauptsächlich darauf ankommen, festzustellen, unter welchen äusseren Verhältnissen die Infection begünstigt wird. Vermuthungen an Stelle wissenschaftlicher Forschungsergebnisse auszusprechen, ist hier nicht der Ort.

Als feststehende Thatsachen mag nochmals hervorgehoben werden, dass nur sehr selten der Frost in jüngeren Kieferncultoren das Schütten veranlasst, dass dagegen häufiger ein Vertrocknen und endlich die Einwirkung des Hysterium Pinastri als Ursache der sogenannten Schüttekrankheiten bezeichnet werden müssen.

Anhang: Schinzia.*)

Zu den kryptogamen Parasiten gehören noch mehrere zur Gattung Schinzia vereinigte Pilzformen, deren Stellung im System völlig unbekannt ist, und die ich desshalb hier zum Schluss nachfolgen lasse.

Die Arten der Gattung Schinzia erzeugen eigenthümliche Wurzelanschwellungen an phanerogamen Pflanzen, von denen die der Gattung Alnus (Fig. 61), erzeugt durch Schinzia Alni am bekanntesten sein dürften. Ungemein häufig sind auch die an verschiedenen Papilionaceen, z. B. Robinia Pseudacacia, Caragana, Colutea, Cytisus, an Vicia, Lathyrus, Lupinus u. A. auftretenden Wurzelanschwellungen, erzeugt durch Schinzia Leguminosarum. Die Untersuchung dieser Wucherungen zeigt, dass ein grosser Theil der parenchymatischen Zellen von einem zarten, verästelten Mycel durchzogen wird, an welchem im Innern der Zellen traubenförmige Anhäufungen blasenförmiger Anschwellungen entstehen. Die Bedeutung dieser Blasen, sowie zahlloser äusserst kleiner kugliger oder stäbchenförmiger Pilzzellen, die von den Fäden abgeschnürt zu werden scheinen, ist noch nicht erkannt.



Fig. 61. Wurzelwucherung der Eller, durch Schinzia Alni hervorgerufen.

Die Verbreitung dieser Parasiten im Boden ist eine so allgemeine, dass z. B. kaum eine einjährige Ellernpflanze frei von diesem Parasiten ist. Auf eine nähere Besprechung desselben gehe ich hier nicht ein, da zunächst noch eine gründlichere Untersuchung derselben Noth thut und die pathologischen Erscheinungen, welche durch sie hervorgerufen werden, für den Organismus der Pflanzen kaum von nachtheiligem Einflusse sein dürften.

---

*) cf. Woronin in Mémoires de l'acad. des sc. de St. Petersbourg. 7. sér. X, 24. Mai 1866.

Frank, Handbuch, Seite 647 ff.

II. Abschnitt.

Verwundungen.

Zahllose Verwundungen des Pflanzenkörpers entstehen alljährlich im normalen Lebensprocesse der Pflanzen beim Abfallen der Blätter im Herbste, beim freiwilligen Abstossen einzelner Zweige (Absprünge der Pappeln und Eichen), beim Absterben der äusseren Rindetheile. Alle diese freiwillig entstehenden Wunden werden geraume Zeit vor ihrer Entstehung schon von der Pflanze vorbereitet, so dass in dem Augenblicke, in welchem die Wunde entsteht, die Heilung bereits als vollendet zu betrachten ist. Diese Vorbereitung besteht darin, dass sich da, wo später die Wundfläche entsteht, durch das Gewebe hindurch eine Hautschicht, d. h. eine Korkhaut bildet, die in ihrer Entstehungsart und in ihrem Bau völlig übereinstimmt mit dem Hautgewebe unverletzter Stengeltheile oder jener Hautschichten, die sich auf unfreiwillig entstandenen Wunden nachträglich bildet. Nur die durch äussere mechanische Ursachen veranlassten Wunden, durch welche innere lebende Gewebe blossgelegt und den nachtheiligen Einflüssen der Aussenwelt preisgegeben werden, gehören zu den pathologischen Erscheinungen.

§ 14. Heilung und Reproduction im Allgemeinen.

Um die Processe der Heilung und Reproduction zu verstehen, müssen wir zunächst die verschiedenen Gewebsarten und deren Befähigung zu Neubildungen ins Auge fassen.

Das Hautgewebe wird an jugendlichen Pflanzentheilen lediglich durch die meist einschichtige Oberhaut repräsentirt. Schon bevor diese ihre Ausdehnungsfähigkeit völlig einbüsst und nach weiterem Dickenwachsthum des Stengels zerreisst, entsteht unter ihr ein neues Hautgewebe, durch welches die inneren lebenden Rindengewebe vor dem Vertrocknen geschützt werden. Diese Korkhaut, auf deren Bau und auf deren Verschiedenheiten näher einzugehen hier

nicht der Ort ist, entsteht dadurch, dass entweder die noch lebenden Oberhautzellen selbst, oder eine mehr oder weniger nahe unter ihr liegende Rindenzellschicht durch Theilung in tangentialer Richtung zur Phellogenschicht (Korkmutterschicht) wird. Die durch fortgesetzte Theilung entstehenden, radial angeordneten Zellen sterben ab, verkorken und bilden so eine mehr oder weniger dicke schützende Hülle im äusseren Umfange der lebenden Gewebe, die sich durch fortgesetzte Theilung der Phellogenschicht von innen aus verjüngt, während die ältesten Korkzellen auf der Aussenseite durch Abschülfern oder Loslösen zusammenhängender Korkzellschichten verloren gehen. Bei den meisten Bäumen entsteht früher oder später die Borke dadurch, dass die älteren Rinden und Bastschichten ihre Ausdehnungsfähigkeit verlieren. Es entstehen alsdann im Innern der Rinde neue Korklagen, durch welche die äusseren Rindenschichten noch vor ihrem Absterben, Vertrocknen und Aufplatzen von den inneren Rindenschichten abgegrenzt werden.

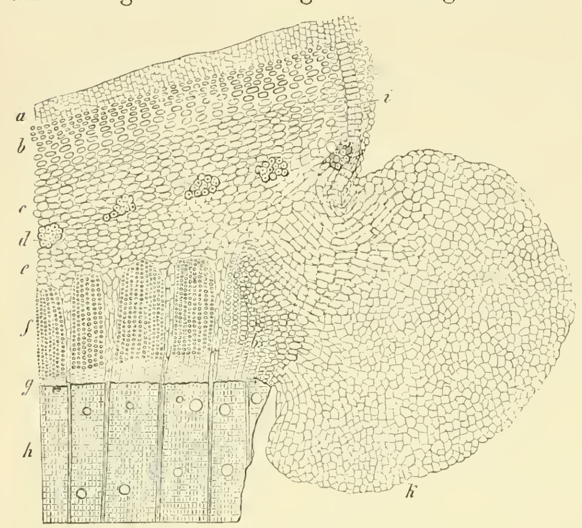


Fig. 62.

Callusbildung am Wundrande eines Eschenzweiges. *a* Korkhaut. *b* Collenchym. *c* Aussenrinde. *d* Primäre Bastfaserbündel. *e* Rindenparenchym. *f* Weichbast. *g* Cambium. *h* Holz. *i* Wundkork der Aussenrinde *k* Callus. *l* Grenze zwischen dem Weichbast und dem cambialen Wundgewebe.

Selbstverständlich ist eine Verletzung der todten Korkhaut und der Borke ohne irgend welche nachtheiligen Folgen und kann nur insofern von Einfluss auf die Wachsthumserscheinungen des Baumes werden, als die Verminderung des Rindendruckes eine locale Zuwachssteigerung des Cambiums an solchen Stellen nach sich zieht. Kiefern, die vor längerer Zeit „geröthet“ waren, d. h. bei denen behuf Anbringung von Theerringen zum Abfangen der Raupen die todten Borkeschichten in einem breiten Ringe um den Stamm grösstentheils entfernt waren, zeigten von der Zeit an einen unverkennbar stärkeren Zuwachs an der entborkten Stelle, als unter- und oberhalb derselben. Wird die lebende Phellogenschicht verletzt, so bildet sich aus den darunter liegenden unverletzten Zellen der Rinde oder des Phelloderm eine neue Phellogen- und Korkschicht im Anschlusse an die Korkschicht des Wundrandes.

Das unter der Haut liegende Rindenparenchym (Fig. 62 *b*, *c*.) besitzt

ein beschränktes Zellentheilungsvermögen, durch welches es befähigt ist, der zunehmenden Verdickung des Stammes entsprechend sich zu vergrössern. Die Fähigkeit zu Neubildungen im Falle einer Verwundung beschränkt sich aber auf Entwicklung einer Korkhaut nahe unter der Oberfläche der blossgelegten Gewebe. Man nennt diese Korkschicht, die auch bei Rindenerkrankungen durch Parasiten pflanzlicher Art auf der Grenze des gesunden und todten Gewebes entsteht „Wundkork“ (Fig. 62 *i*). Die Entstehung desselben ist nicht an die Jahreszeit gebunden, vielmehr erfolgt dessen Ausbildung schon bei mässigen Temperaturen im Winter bald nach dem Eintritte der Verwundung.

Nur die innersten Theile des Rindenparenchyms, der Weichbast oder in anderen Fällen auch nur die innersten, jugendlichsten Organe des Weichbastes nehmen an den weiter unten zu besprechenden Neubildungen Theil (Fig. 62).

Der Holzkörper besitzt nur eine sehr beschränkte Reproductionsfähigkeit, da er ja überwiegend aus leeren Zellhüllen, d. h. aus Fasern, Tracheiden und Gefässen besteht. Die noch lebensthätigen Zellen des Holzes, theils dem Strahlenparenchym (Markstrahlen), theils dem Strangparenchym (Holzparenchymzellen) angehörend, sind von den erstgenannten Organen in der Weise umgeben, dass auch die beschränkte Reproductionsfähigkeit derselben kaum zur Geltung gelangen kann. Sie äussert sich nur in zweierlei Gestalt, nämlich einmal in der Bildung von Thyllen oder Füllzellen in den Gefässen des Holzes, sobald dieses verwundet ist und ferner in der Entwicklung des sogenannten intermediären Gewebes (Kittgewebes) bei Veredelungsprocessen*). Werden die Schnittflächen des Edelreises und Wildlinges frisch genug mit einander verbunden, so füllt sich der noch verbleibende Raum zwischen den beiden Holztheilen mit einem parenchymatischen Gewebe an, welches seinen Ursprung in den genannten Parenchymzellen des Holzes selbst findet.

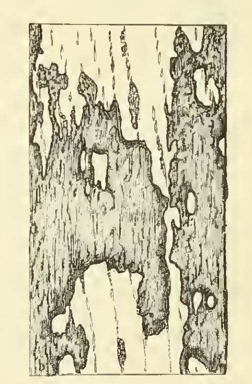


Fig. 63. Oberfläche eines entrindeten Buchenstammes mit theilweiser Bekleidung. Natürl. Gr.

Der blossgelegte Holzkörper einer Wunde besitzt die Fähigkeit der Hautbildung und der Reproduction nur dann, wenn die Rinde zur Zeit der cambialen Thätigkeit abgelöst und die Cambialschicht oder die Region des Jungholzes vor dem Vertrocknen geschützt wird. Es tritt sodann die Reproduction der „Bekleidung“ ein. Die zartzellige, plasmareiche Cambialregion, welche in den Monaten Mai bis August aus den Initialzellen, den durch

*) Göppert, Ueber innere Vorgänge bei dem Veredeln, Kassel 1874.

Theilung daraus hervorgegangenen Gewebemutterzellen und den jugendlichen noch lebensthätigen Gewebezellen (Jungbast und Jungholz) besteht, vertrocknet unter dem Einflusse der Luft sehr leicht, und nur bei Regenwetter oder überhaupt bei mit Feuchtigkeit gesättigter Luft bleibt dies Gewebe erhalten und verwandelt sich durch Quertheilung der langgestreckten Cambialorgane in ein parenchymatisches, aus isodiametrischen Zellen bestehendes Vernarbungsgewebe. Durch lebhafte Zelltheilung entsteht aus diesem in wenig Tagen eine, unter dem Einflusse des Lichtes sich grün färbende Be-

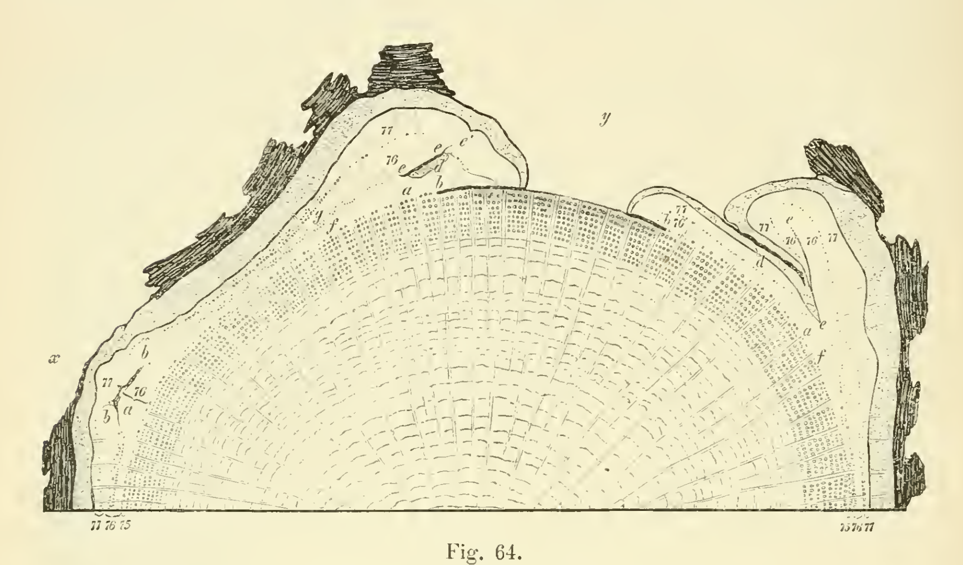


Fig. 64.

Querschnitt eines zwei Jahre vor der Fällung in Folge sehr gesteigerten Zuwachses an vielen Stellen aufgeplatzten Eichenstammes. *x* u. *y* zwei Stellen, an denen die Rinde aufgeplatzt war. *a—b* Neubildung durch Bekleidung. *c* Ueberwallungswulst *d* Rinde des Bekleidungsgewebes. *e—e* Unterseite der losgelösten Rinde, deren Cambium ebenfalls Neubildungen hervorgerufen hat. Natürl. Gr.

kleidungsschicht Fig. 63. Oft vertrocknet das die Wundfläche bedeckende cambiale Gewebe mit Ausschluss des Markstrahlcambiums und erfolgt die Bekleidung der Wundfläche fast ausschliesslich von den letzteren aus, so dass diese Erscheinung den Eindruck hervorruft, als ob die Markstrahlen aus dem Holze hervorwüchsen. Das ursprünglich gleichartige Vernarbungsgewebe zeigt im Innern bald eine Differenzirung insofern, als im Anschluss an den alten Holzkörper die Organe in Holzzellen sich verwandeln, während nach aussen hin unter den zu parenchymatischem Rindengewebe sich verwandelnden Zellschichten eine neue Bastregion entsteht. Zwischen Holz und Bast erhält sich ein Theil des Gewebes als theilungsfähiges Cambium, und auf der Oberfläche des Rindengewebes entsteht eine neue Hautschicht

In nebenstehendem Holzschnitte (Fig. 64), welcher den Querschnitt einer zwei Jahre vor der Fällung durch Sprengung der Rinde beschädigten Eiche darstellt, ist der zwischen *bb* gelegene Theil der Wundfläche vertrocknet. Beiderseits ist unter dem Schutze der abgesprengten Rinde (*ee*) auf dem Holze eine Neubildung durch Vernarbung erfolgt (*a*, *b*), die bereits ein zweijähriges Alter (1876 und 77) erreicht hat.

Selbstredend kann auch auf der Innenseite des Rindenkörpers, auf welcher ja ebenfalls cambiales Gewebe haften bleibt, eine Vernarbung eintreten, wenn die losgelöste Rinde mit dem Baume in Verbindung bleibt und ernährt wird. Das Cambium setzt dann seinen Theilungsprocess in normaler Weise fort, nachdem es zuvor ebenfalls in kurzzelliges Cambium sich umgewandelt hat. Auf diese Weise ist in Fig. 64 in den beiden Jahren nach der Loslösung der Rindenlappen *e—e* eine Neubildung entstanden.

Der Holzkörper, welcher auf der Oberfläche des blossgelegten Holzstammes und derjenige, welcher auf der Innenseite des losgelösten Bastes entsteht, unterscheidet sich durch abnormen Bau, insbesondere durch Kurzzelligkeit, durch das Fehlen oder die geringe Zahl der Gefässe von dem normalen Holze und H. de Vries*), der zum ersten Mal auf diese Abnormität aufmerksam gemacht hat, bezeichnet derartiges Holz mit dem Namen „Wundholz".

Vertrocknet das Cambium auf einem von Rinde entblössten Holzstamme, bevor dasselbe zur Entwicklung von Vernarbungsgewebe schreiten konnte, oder fehlt auf der Wundfläche das Cambium überhaupt, z. B. bei Astwunden u. s. w., dann bleibt als einziger Reproductionsprocess die Ueberwallung vom Wundrande aus übrig.

Der Ueberwallungsprocess geht aus von dem Weichbaste und dem Bildungsgewebe, dem Cambium des Wundrandes (Fig. 62 *g*) und erklärt sich rein mechanisch aus der Verminderung des Rindendruckes auf dieses Gewebe. Das jährliche Dickenwachsthum des Stammes veranlasst eine Ausdehnung des Rinden- und Bastmantels, die zwar dadurch im Wesentlichen ausgeglichen wird, dass die noch lebenden Zellen dieser Gewebe durch Zelltheilung und Zellwachsthum sich der Zunahme des Stammumfanges entsprechend ausdehnen, während die todten äusseren Theile Längsrisse bekommen, es bleibt aber immerhin eine Spannung des Rindenmantels bestehen, welche einen bedeutenden Druck auf das cambiale Gewebe ausübt. Wird nun durch eine bis auf den Holzkörper eindringende Verwundung dieser Druck auf das Bildungsgewebe local vermindert, so erfolgt ein beschleunigter Zellentheilungs- und Wachsthumsprocess, der nicht nur unmittelbar am Wundrande selbst, sondern noch auf weitere Entfernung von da wahrzunehmen ist (Fig. 62

*) Hugo de Vries, Ueber Wundholz (Flora 1876).

bis *g*). Soweit die Druckverminderung eingetreten ist, also in Fig. 64 noch auf mehrere Centimeter von den Punkten *aa* entfernt, verwandelt sich das normale Cambium in kurzzelliges Wundcambium, die Gefässe bei den Laubhölzern verschwinden ebenso wie die Markstrahlen und es entsteht ein üppig wucherndes Wundholz. Am lebhaftesten ist der Zellentheilungsprocess nach der Wundfläche selbst hin, wo ja überhaupt kein Gegendruck erfolgt und man sieht den Callus oder Ueberwallungswulst zwischen Holz und Rinde hervortreten. Entweder schon in demselben Jahre oder erst später nimmt das Wundholz wieder einen normalen Charakter an, doch bleibt das Rindengewebe des Ueberwallungswulstes noch eine Reihe von Jahren dünner und ausdehnungsfähiger und übt somit auch einen geringeren Druck aus, wie die alte Rinde oder Borke. Die Wuchssteigerung beschränkt sich somit nicht auf das erste Jahr, sondern erhält sich so lange, bis endlich die von den verschiedenen Wundrändern ausgehenden Ueberwallungswülste zusammentreffen und miteinander verwachsen.

Diese Verwachsung wird selbstredend erschwert oder gar unmöglich gemacht bei solchen Bäumen, die bald auch auf den Ueberwallungswülsten mit einer todten Borke sich bekleiden.

Ist das Rindengewebe der aufeinander stossenden Neubildungen dünn, lebend und nicht von starker todter Borke bekleidet, so wird bei weiterem Dickenwachsthum das die beiden Wülste bekleidende Rindengewebe gleichsam herausgequetscht und nachdem Cambiumregion auf Cambium gestossen sind, erfolgt völlige Verwachsung. Starke Borke kann diese Verwachsung viele Jahrzehnte verhindern, wie z. B. bei der Kiefer (Fig. 68).

Berücksichtigt man, dass der Rindendruck als Folge der Umfangsvergrösserung des Stammes vorzugsweise in horizontaler Richtung, also ähnlich wirkt, wie ein Fassreif auf die Fassdauben drückt, so erklärt sich, wesshalb ein Längsschnitt in der Rinde einen weit lebhafteren Ueberwallungsprocess nach sich ziehen muss als ein Querschnitt. Die eigenartige Ueberwallung der Astwunden vorzugsweise von den Seitenrändern aus erklärt sich hieraus hinlänglich.

Wird der Rindendruck bei einer Verwundung nicht oder nur wenig vermindert, wie dies der Fall ist bei Quetschwunden, z. B. Baumschlag u. dgl., dann tritt gar keine oder nur eine sehr langsame Ueberwallung ein. Die todte Rinde, welche über der gequetschten und getödteten Stelle erhalten bleibt und von den gesunden Rindentheilen nicht getrennt wird, lässt es nicht zu einer Druckverminderung am Wundrande kommen und so unterbleibt die Ueberwallung.

Es mag schliesslich noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Gestalt der Wunde viele Jahrzehnte sich auf der Aussenfläche des Baumes

erkennen lässt, da ja die Grenze der alten und der jungen Rinde sich lange Zeit zu erhalten pflegt.

Dass eine Verwachsung des blossgelegten Holzkörpers der Wunde mit dem sich später darüber lagernden Holze des Ueberwallungsgewebes unmöglich ist, bedarf kaum der Erwähnung, zumal die äusseren Holzschichten der Wunde zuvor absterben, vertrocknen und mehr oder weniger tief sich zersetzen.

Es führt uns dies zur Betrachtung der Veränderungen, die in dem durch Verwundung blossgelegten Holzkörper eintreten. Bei den Nadelhölzern, soweit solche mit Harzkanälen ausgestattet sind, schützt sich die Wundfläche mehr oder weniger erfolgreich durch „Verharzung" der äusseren Holzlagen.

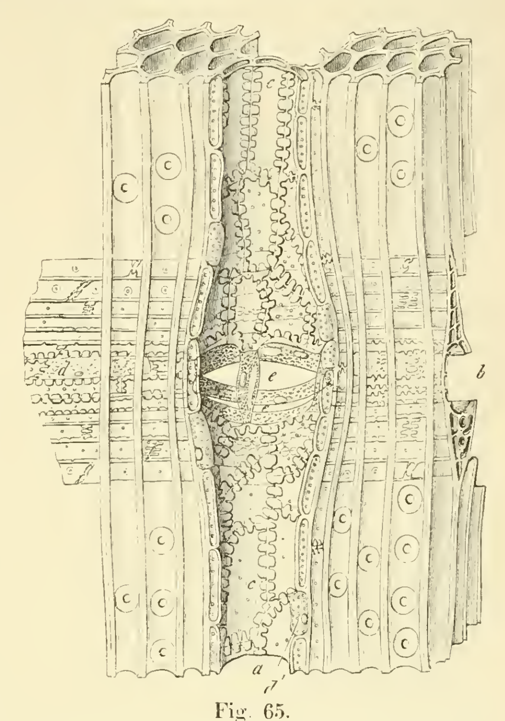


Fig. 65.
Offene Verbindung eines lothrechten Harzkanals *a* mit einem Markstrahlharzkanal *b* aus der Fichte. Die Auskleidungszellen beider Kanäle sind meist sehr dickwandig und leer, die Wandungen zwischen je zwei Auskleidungszellen reich getüpfelt *cc*. Nur eine geringe Zahl derselben bleibt dünnwandig, zeigt Zellkern und Plasma und dient der Terpentinbereitung *dd*. Da, wo der vordere lothrechte Kanal *a* mit seiner Rückwand den hinterliegenden horizontalen Kanal *b* berührt, sind die Auskleidungszellen der beiden sich berührenden Kanalwände sehr zart und durch grosse Intercellularräume *ee* von einander getrennt und diese letzteren vermitteln den Uebergang des Terpentins aus dem einen Kanal in den anderen.

Die Harzgänge, in welche das mit Harz vermischte Terpentinöl aus den umgebenden parenchymatischen Zellen, in denen es aus Stärkemehlkörnern gebildet wurde, ausgeschieden wird, verlaufen bekanntlich im Holzkörper sowohl in lothrechter wie in horizontaler, d. h. radialer Richtung. Die letzteren, die wir Markstrahlkanäle nennen, stehen, wie ich gefunden habe, mit den ersteren hier und da in offener Communication, dadurch, dass die parenchymatischen Auskleidungszellen an den Stellen, wo beide Kanäle sich berühren, seitlich nicht aneinander schliessen, sondern weit auseinander treten (Fig. 65 *e*).

Durch diese Intercellularräume kann das Terpentinöl des lothrechten Kanals mit Leichtigkeit in den Markstrahlkanal gelangen und wird letzterer durch eine äussere Verwundung des Holzstammes geöffnet, so kann das Terpentin

sich frei nach aussen ergiessen. So erklärt sich der reiche Harzerguss aus dem Nadelholzstamm, wenn behuf Harznutzung der Rindenkörper stellenweise abgeschält wird. Der aus der Wundfläche ausgetretene Terpentin bildet eine unter dem oxydirenden Einflusse der Luft bald zu Harz erstarrende Schicht. Selbstredend trägt auch die theilweise Verflüchtigung des Terpentinöls zur Erstarrung der ausgeflossenen Mischung von Harz und Terpentin bei.

Auf der Abhiebsfläche eines Stammes oder Astes sieht man im Sommer und Winter sehr bald reichlichen Harzerguss aus dem Splinttheile hervortreten, während die älteren Holzschichten bei Kiefer, Fichte und Lärche diesen Harzausfluss nicht erkennen lassen, obgleich diese Theile meist harzreicher sind als die Splintschichten.

Ich glaube, dass sich diese Erscheinung leicht dadurch erklären lässt, dass im Splinte nicht nur die Holzwandungen mit Wasser voll gesättigt, sondern auch die Innenräume der Tracheiden zur Hälfte und mehr mit Wasser erfüllt sind. Das in den Harzkanälen befindliche Terpentinöl kann sich trotz seiner flüchtigen Beschaffenheit nicht weiter im Holzkörper verbreiten und wird bei Verwundungen aus den Canälen herausgedrängt. Verliert der Holzkörper im höheren Alter seine Wasserleitungsfähigkeit, gleich, ob damit Verkernung verbunden ist oder nicht, wird dasselbe also wasserarm, dann ist der Verbreitung des Terpentinöls im Holzkörper kein solches Hinderniss in den Weg gestellt. Dasselbe dringt nicht nur in die Holzwände selbst ein und verkient dieselben, sondern es schlägt sich auch tropfenweise auf den Wandungen im Lumen der Tracheiden nieder; ja oft genug füllen sich dieselben vollständig mit Terpentin, resp. Harz an. Aelteres Kiefernholz wird dadurch nicht selten so vollständig verharzt, dass selbst Holzscheiben von Fingerdicke das Licht durchscheinen lassen. Wird älteres, nicht mehr der Wasserleitung dienendes Holz durchschnitten, so tritt kein Terpentinöl mehr hervor, denn dieses ist ein Bestandtheil der Holzwandungen geworden oder im Lumen der Tracheiden abgelagert.

So erklärt es sich nun auch, dass der Splintkörper, wenn er in Folge von Verwundungen blossgelegt wird und in seiner äusseren Lage vertrocknet, völlig verkient. An Stelle des durch Verdunstung verloren gegangenen Wassers tritt alsbald das Terpentinöl, das ja in reichlicher Menge durch die Harzkanäle von anderen Orten zugeführt wird. Diese verkienten Aussenschichten bilden einen weiteren Schutz gegen äussere Nachtheile.

Die von Frank*) auf Ratzeburgs Autorität hin behauptete Neubildung von Harzkanälen im alten Holze bedarf selbstredend keinerlei Widerlegung. Gerade die von Ratzeburg angeführten Beschädigungen durch Fichtenrinden-

*) Frank, Handbuch pag. 79.

wickler sind mir zur Genüge bekannt und sah ich nie eine Neubildung von Harzkanälen in altem Holze.

Die von Frank ebenfalls acceptirte Schilderung der Mottendürre durch Ratzeburg habe ich bereits 1874 als Beschädigung durch Peridermium Pini aufgeklärt und habe ich auch bei dieser Infectionskrankheit nichts von der behaupteten Neubildung von Harzkanälen bemerkt.

Höchst eigenartig ist aber die Verharzung der alten Nadelholzstöcke und die Wanderung des Terpentins bei Bäumen, deren Holz durch parasitische Pilze zerstört wird. Aus den zersetzten Holztheilen wandert der Terpentin an die Grenze des gesunden und erkrankten Holzes. Man möchte zu der Annahme sich versucht fühlen, es werde mit der Zerstörung der Zellwände durch das Pilzmycel das Terpentinöl in den Micellarinterstitien derselben wieder frei, flüchtig und durchdringe solche Zellwände, die noch nicht oder nur in geringem Grade von der Zersetzung angegriffen sind. Thatsache ist, dass solche Holzpartieen, welche am längsten vor den Angriffen der Pilze geschützt waren, sich vollständig mit Harz sättigen, während in den zersetzten Theilen nur wenig Harzreste zu finden sind. Der Kern alter Kiefernstöcke ist desshalb sehr harzreich, wenn der Splint zerstört worden ist.

Die Laubhölzer entbehren des natürlichen Schutzmittels, welches den Nadelhölzern in der Verharzung der Wundflächen zur Verfügung steht. Sie sind desshalb auch im Allgemeinen mehr Wundkrankheiten ausgesetzt als die Nadelhölzer. Die Wundkrankheiten sind aber zweierlei Art. Ueber die infectiosen Wundkrankheiten, welche durch parasitische Pilze erzeugt werden, ist bereits früher wiederholt geredet worden. Hier soll nur noch von denjenigen Zersetzungsprocessen gesprochen werden, bei denen parasitische Pilze nicht betheiligt sind und die ich mit dem gemeinsamen Namen „Wundfäule“ *) belegt habe.

Sind Baumtheile verwundet, so kann der Tod eines mehr oder weniger grossen Pflanzentheils entweder in Folge von Funktionslosigkeit oder durch das Vertrocknen der schutzlosen Wundfläche eintreten. Wird ein Ast nicht nahe am Baum, sondern unter Belassung eines Stummels abgeschnitten oder durch Sturm u. dgl. abgebrochen, so stirbt der Aststutz bis auf einige Centimeter von der Basis ab, da derselbe nicht weiter von den Bildungsstoffen, die im Bastgewebe abwärts und seitwärts, nicht oder doch nur in seltenen Fällen aufwärts wandern, ernährt wird. · Durch starke Beschattung an selbständiger Production von Bildungsstoffen behinderte Zweige sterben langsam ab, weil sie functionslos geworden sind. Werden Holztheile durch Rindenbeschädigung blossgelegt, so vertrocknen dieselben von der Wundfläche aus langsam, da ja das Holz keinen Wundkork zu bilden vermag. Mit dem Vertrocknen steht selbstredend

*) R. Hartig, Zersetzungserscheinungen, S. 63—75, Taf. XI Fig. 6—9.

der Tod aller im Holze vorhandenen parenchymatischen Zellen in Verbindung und wird nun durch Regen oder auf andere Weise Wasser zu den todten Geweben geführt, so beginnt die Zersetzung derselben unter dem Einflusse des Sauerstoffs der Luft und unter der Mitwirkung verschiedener saprophytischer Pilze. Dass lebensfähige, plasmahaltige Zellen, wenn sie auf die eine oder andere Weise getödtet wurden, auch ohne Mitwirkung von Pilzen sich bräunen und chemisch zersetzen können, ist zweifellos. Es beweist dies die Bräunung jedes Apfelschnittes an der Luft, es beweist das auch die Bräunung gequetschter cambialer Gewebe unter völlig geschlossen bleibender Rinde. Wird im Sommer bei Gelegenheit von Baumästungen eine Leiter an den Stamm gestellt, so erzeugt die oberste Sprosse durch ihren Druck auf die Rinde einen intensiv dunkel gefärbten Fleck im Holze. Die Erscheinungen nach Frostbeschädigungen liefern einen ferneren Beweis, dass Zersetzung und Bräunung parenchymatischer Zellen auch in Abwesenheit von Pilzen erfolgen kann.

In der Regel fördern aber Pilze den Zersetzungsprocess, und ist es schwer zu bemessen, welchen Antheil daran die Thätigkeit der Organismen hat und wieviel der directen Einwirkung des Sauerstoffes zuzuschreiben ist.

Charakteristisch für diese Processe der Wundfäule ist in erster Linie, dass deren Verbreitung auf die noch lebenden Gewebe nicht durch das Wachsthum des Pilzmycels erfolgt, sondern durch die löslichen Zersetzungsproducte. Bei allen parasitären Zersetzungsprocessen eilt das Pilzmycel der erkennbaren Zersetzung voran, tödtet zunächst den Inhalt der parenchymatischen Zellen, ernährt sich von diesem und bräunt dieselben Gelangt kein Regenwasser u. dgl. in die todten Gewebe, so sieht man meist nur im ersten Zersetzungsstadium im Innenraum der Gefässe, der Tracheiden und Sclerenchymfasern gelöste Substanzen.

Die etwa löslichen Stoffe bleiben Bestandtheile der Wandungen, bis sie von den Pilzen zerlegt werden. Bei der Wundfäule dagegen schreitet die Zersetzung nur dann merklich fort, wenn von aussen Regenwasser zugeführt wird, welches die löslichen Stoffe der in der Zersetzung begriffenen Wandungen in sich aufnimmt und weiterführt. Man sieht desshalb die Gewebe und insbesondere auch die Elemente des Holzkörpers mit einer gelbbraunen Substanz erfüllt, die im trocknen Zustande auf der Innenwand als eine Kruste erhärtet ist, im frischen Zustande als eine Flüssigkeit den Innenraum der Organe ausfüllt. Diese aus Humuslösungen bestehende Substanz durchdringt die Wandungen, tödtet die lebenden Zellen und bereitet so den nachwachsenden Fäulnisspilzen den Boden. Wird dem Regenwasser durch den Schluss der Wunde der Zutritt unmöglich gemacht, dann hört die Weiterverbreitung der Wundfäule entweder ganz auf oder sie wird doch so verlangsamt, dass erst nach einem Jahrhundert ein Vorrücken um 1 cm bemerkbar wird.

Die Pilze, die bei der Wundfäule thätig sind, gehören meist den Hymenomyceten an, sind aber verschieden, je nachdem die Wunde oberirdisch oder unterirdisch entstanden ist. Bei den letztern kommen häufig auch Pyrenomyceten vor, die aber noch nicht untersucht worden sind. *)

Die Färbung des mit Wundfäule behafteten Holzes ist fast stets eine mehr oder weniger dunkele, schwarzbraune, durch die in den Organen enthaltene braune Humuslösung bestimmte (Taf. III, Fig. 4). Nur die höheren Zersetzungsstadien, in denen jene gelösten Stoffe verschwunden sind, zeigen eine hell bräunlichgelbe Färbung. Nicht selten dringen an Wunden der Wurzeln oder des Wurzelstockes Rhizomorphenstränge des Agaricus melleus in das Bauminnere und fördern die Zersetzungsprocesse in hohem Maasse. Insbesondere kommt diese Combination häufig bei Fichten vor und bemerkt man aus dem wundfaulen Theile sehr oft Stränge dieses Mycels zum Vorschein kommen (Taf. III, Fig. 4).

Die Behandlung der Wunden

ergiebt sich aus dem vorstehend Mitgetheilten. Sie hat zweierlei ins Auge zu fassen, einmal den Heilungsprocess und zweitens die Verhütung von Wundkrankheiten infectiöser und nicht infectiöser Art.

Was den Heilungsprocess betrifft, so ist die vollkommenste Form desselben, nämlich der Bekleidungs- oder Vernarbungsprocess nur dann zu erhoffen, wenn die Wunde in einem Abschälen der Rinde zur Zeit der cambialen Thätigkeit bestand und sofort nach deren Entstehung ein Verband angelegt werden kann, der das Vertrocknen des Cambiums verhindert, ohne mit demselben in Berührung zu treten.

Ein Umwickeln des Stammes mit zuvor angefeuchtetem Wachstuch, Strohseilen u. dgl. ist das einzige uns zur Verfügung stehende Mittel.

Ist eine Vernarbung nicht zu erhoffen, dann ist der Ueberwallungsprocess möglichst zu fördern dadurch, dass man alle todten und gequetschten Rindentheile, welche einen nachtheiligen Druck auf den Wundrand ausüben könnten, mit scharfem Schnitte entfernt und nur solche Rindentheile sorgfältig schont, die etwa auf der Wundfläche unverletzt geblieben sind und mit dem Wundrande so im Zusammenhange stehen, dass sie ernährt werden.

Von ihnen aus schreitet der Ueberwallungsprocess ebenso schnell vor, wie von dem eigentlichen Wundrande.

---

*) Ich muss hier angesichts der Thatsache, dass auch in den neuesten botanischen Werken immer noch der Xenodochus ligniperda, Rhynchomyces violaceus etc. von Willkomm aufgezählt werden, ausdrücklich hervorheben, dass diese Pilze und die Willkomm'sche Arbeit über die Rothfäule besser der Vergessenheit anheim gegeben werden.

Zur Verhütung der Wundkrankheiten dient ebenfalls die Beseitigung aller von dem Holzkörper getrennten Rindentheile des Wundrandes, da zwischen ihnen und dem Holzkörper sich die Feuchtigkeit lange Zeit erhält und vom Holze eingesogen wird, wodurch die Processe der Wundfäule begünstigt werden, weil ferner hier am liebsten die Sporen der Infectionspilze keimen und in das Innere des Baumes eindringen.

Bei den Nadelholzbäumen, welche Harzkanäle besitzen, ist ein Schutz der Wunde nur dann nöthig, wenn ein stärkerer Ast mit Kernholz abgeschnitten oder abgebrochen ist, und wenn im Sommer die Rinde vom Holzkörper, z. B. bei Sommerästung, Sommerschälen des Wildes, abgelöst ist. Die Fichte ist gegen derartige Verwundung im höchsten Grade empfindlich.

Laubhölzer bedürfen jederzeit eines Schutzes, und bekanntlich bedient man sich des Baumwachses in der Gärtnerei, des Steinkohlentheers im Forstbetriebe, um eine wasserdichte Schutzschicht auf der Wunde herzustellen. Die wiederholt von Praktikern behauptete nachtheilige Wirkung des Theers auf die Gewebe habe ich nie bemerkt, vielmehr kann ich constatiren, dass der Theer nur in die geöffneten Organe eindringt und deren Zellwände imprägnirt, dass Zellen in unmittelbarster Nachbarschaft solcher mit Theer erfüllten Gefässe und Holzfasern noch nach einer Reihe von Jahren völlig gesund und lebend waren.

Zu den Reproductionserscheinungen, die nach Verwundungen der Bäume auftreten und den Ersatz verloren gegangener Theile liefern, gehören noch — die „Proventivknospen".

Von den Blattachselknospen eines Jahrestriebes entwickelt sich im Folgejahre immer nur eine beschränkte Zahl zu neuen Trieben. Die Mehrzahl und zwar besonders die am Grunde der Triebe über den Knospenschuppen und den unteren wenig entwickelten Blättern stehenden Axillarknospen bleiben auf einer niederen Entwicklungsstufe stehen und treiben im nächsten Jahre in der Regel nicht aus. Sie liefern vielmehr die schlafenden Augen, welche im Gegensatz zu den unter Umständen neu entstehenden Knospen — Adventivknospen — von Th. Hartig Proventivknospen genannt sind, weil sie schon vom ersten Lebensjahre des betreffenden Stammtheiles an vorhanden sind und nur unter gewissen Verhältnissen hervorkommen, d. h. zu neuen Trieben (Wasserreiser, Räuber u. s. w.) sich entwickeln.

Diese ruhenden Blattachselknospen können sich 100 Jahre und länger am Leben erhalten, zumal bei glattrindigen Bäumen, wie der Rothbuche u. s. w.

Die Proventivknospen (Fig. 66 *a*) ruhen nur in Bezug auf ihr Spitzenwachsthum, zeigen aber ein eigenes Längenwachsthum, welches als inter-

mediäres von Th. Hartig bezeichnet worden ist. Alljährlich verlängert sich nämlich der zarte Gefässbündelkreis, welcher von der Markröhre des Stammtheiles, dem sie aufsitzen, zu ihnen verläuft (Fig. 66 *b*), um die Länge des jährlichen Dickenzuwachses dieses Baumtheiles. Dieses Wachsthum ist völlig analog dem der Senkerwurzeln von Viscum album oder dem Längenwachsthum der Markstrahlen, d. h. der innere Knospenstamm besitzt ein eigenes Cambium da, wo er die Cambialregion des Stammes durchsetzt.

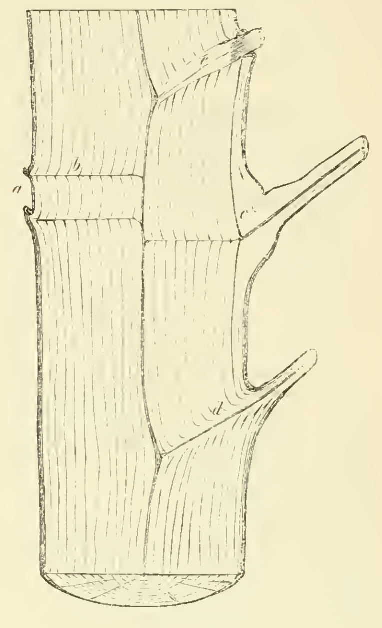


Fig. 66.

Längsschnitt durch einen 12jährigen Buchenstamm. Bei *a* zwei schlafende Blattachselknospen, deren Knospenstämme *b* rechtwinklig zur Hauptaxe stehen. Ein drittes Auge *c* ist seit zwei Jahren zum Ausschlag entwickelt. *d* Ein Kurztrieb, der durch Entfaltung einer Knospe am einjährigen Trieb entstanden ist. *e* Ein seit 4 Jahren abgestorbener Trieb. Natürl. Gr.

Hier schiebt sich durch Zelltheilung, welche mit der Zelltheilung des allgemeinen Cambiums gleichen Schritt hält, ein doppeltes Stück ein, nämlich ein grösseres von der Länge des Holzringes nach innen, ein kleineres von der Länge des Bastzuwachses nach aussen; zwischen beiden Stücken bleibt eine Cambialregion zurück, bis endlich das schlafende Auge abstirbt und nun der rechtwinklig zur Hauptaxe stehende und jedes eigenen Dickenzuwachses entbehrende Knospenstamm von dem weiterhin entstehenden Holzzuwachse überwachsen und eingeschlossen wird.

Zahlreiche Knospenstämme durchsetzen, den Markstrahlen gleich, dem Holzstamm der Laubholzbäume. Gelangen sie zum Austreiben (Fig. 66 *c*), dann producirt von da an der Trieb einen eigenen kräftigen Holzkörper, der mit seiner Markröhre spitzwinklig zur Hauptaxe des Stammes steht.

Einen eigenartigen Entwicklungsgang schlägt bei einzelnen Holzarten, insbesondere oft bei der Rothbuche, ein Theil der schlafenden Augen nach dem Aufhören des intermediären Zuwachses ein. Es entstehen durch concentrisches Dickenwachsthum des im Rinden- und Bastgewebe liegenden Holztheiles des Knospenstammes jene bekannten Holzkugeln (Sphaeroblasten) (Fig. 67), die oftmals in der Grösse einer Büchsenkugel und darüber über die Oberfläche der Baumrinden hervorragen und leicht aus derselben herausgedrückt werden können, da sie völlig ausser Zusammenhang mit dem Holz des Stammes stehen.

Schlafende Augen sind bei unseren Nadelholzwaldbäumen sehr sparsam.

da fast alle vorhandenen Blattachselknospen sich zu Kurztrieben zu entwickeln pflegen. Bei den Kiefern bleiben im höheren Alter nur 1 oder 2 Knospen in jedem Quirl schlafend, äusserst selten sieht man am Grunde der Triebe, woselbst die Kurztriebe (Nadelbüschel) fehlen, eine schlafende Knospe zur Entwicklung gelangen. Wird eine Kiefer durch wiederholten Raupenfrass so beschädigt, dass nicht allein alle Nadelbüschel mit den zwischen ihnen ruhenden Knospen (Scheidenknospe), sondern auch die jüngsten Triebe mit den Quirlknospen vertrocknen, dann besitzt der Baum nur noch jene schlafenden Quirlknospen der mehrjährigen Triebe, die zu sogenannten Rosettentrieben aussprossen, ohne im Stande zu sein, das Leben des Baumes zu erhalten.

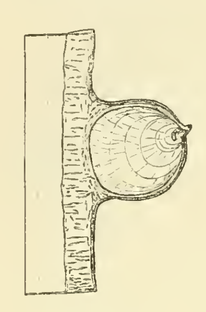


Fig. 67.
Kugeltrieb einer Rothbuche mit schlafendem Auge entstanden, nachdem dieses von seinem Knospenstamm abgetrennt worden war. Nat. Gr.

Bei der Lärche besitzen nur etwa 10 % der Nadeln des einjährigen Triebes Blattachselknospen und diese entwickeln sich sämmtlich zu Kurztrieben (Nadelbüscheltriebe) oder Langtrieben. Eine Reproduction kann nur durch kräftigere Entwicklung der Kurztriebe erfolgen.

Fichte und Tanne sind ebenfalls nur sparsam mit Blattachselknospen ausgestattet, von denen aber ein kleiner Theil schlafen bleibt, bis er durch besondere Umstände zum Leben erweckt wird.

Die Verhältnisse, unter denen schlafende Augen zur Entwicklung kräftiger Triebe veranlasst werden, sind verschiedenartiger Natur, die aber gemeinsam haben, dass eine kräftigere Nährstoffzufuhr zu den Knospen erfolgt. Beispielsweise führe ich an: Aestung, Stammabhieb, Freistellung, Entlaubung durch Insectenfrass, Spätfrost u. s. w.

Adventivknospen

sind alle die, im Allgemeinen seltener auftretenden Knospenbildungen, die in ihrer ersten Anlage nicht in den Axeln der Blätter entstanden sind, sondern an anderen Punkten des Stengels, der Wurzel oder Blätter erst in späterem Alter des betreffenden Pflanzentheils neu entstehen, also zu den Axillarknospen „hinzukommen“. Nur selten entstehen solche Adventivknospen oberirdisch an unverletzten Pflanzentheilen, während an den Wurzeln mancher Holzarten ganz regelmässig Knospen endogenen Ursprungs (Wurzelbrut) sich bilden. Dagegen gehört ihre Entstehung im Wundgewebe des Ueberwallungswulstes oder der Vernarbungsschicht zu den häufigen Erscheinungen (Fig. 81). Sie entstehen hier nahe unter der Oberfläche im noch theilungsfähigen, callösen, parenchymatischen Gewebe, bilden ihren Gefässbündelkreis,

der nach innen sich fortsetzend mit dem Holzkörper des Ueberwallungswulstes in Verbindung tritt.

Ganz ähnliche Entstehung zeigen die Adventivwurzeln, die endogen sowohl aus unverletzter Rinde, wie aus dem Wundgewebe hervorgehen können.

§ 15. Die Verwundungsarten.*)

Bei der unendlichen Mannigfaltigkeit der Verwundungsarten kann es unsere Aufgabe nur sein, eine Reihe der allgemein interessanten Beschädigungen zu besprechen.

Schälen des Wildes.

Das Rothwild schält meist nur Nadelholzbäume, seltener auch Laubholz, z. B. Rothbuchen; wogegen das Damwild die meisten, vielleicht alle unsere Waldbäume schält, wenn auch einzelne Holzarten, z. B. die Esche, bevorzugt werden. Auch Rehe, Hasen und Kaninchen schälen gelegentlich. Das nachtheilige Fegen der Rehe besteht dagegen bekanntlich im Abreiben der Rinde jüngerer Pflanzen mit dem soeben ausgebildeten Gehörne.

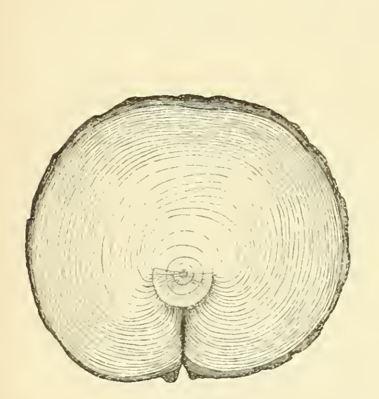


Fig. 68.
Kiefernstammquerschnitt mit überwallter Rothwildschälwunde, die nach 24 Jahren noch nicht völlig geschlossen ist. $^{1}/_{3}$ Natürl. Gr.



Fig. 69.
Fichtenstammquerschnitt mit drei Wildschälwunden. $^{1}/_{2}$ Natürl Gr.

Im Winter schält das Wild aus Noth, indem es die mehlreichen Rinden glattrindiger Bäume abknabbert zur Stillung des Hungers, im Sommer, zur Zeit, in der die Rinde sich leicht loslöst, erfolgt mehr ein Losreissen grösserer Rindenlappen oft bis zu beträchtlicher Höhe hinauf. Die Ansichten über das Motiv des Sommerschälens sind getheilt. Am wahrscheinlichsten ist mir, dass der reiche Zuckergehalt der Rinde dem Wilde eine angenehme Leckerei

*) R. Hartig, Zersetzungserscheinungen, S. 67 ff.

ist. Es ist von anderer Seite auf den Gerbstoffgehalt der Rinde hingewiesen und die Vermuthung ausgesprochen, dass in ihm dem Wilde ein wichtiges Arzneimittel für die Verdauung sich darbiete. Andere wieder erkennen in dem Sommerschälen nur die Fortsetzung der in der Noth des Winters erlernten Ernährungsweise. Das Wild schäle somit aus Angewöhnung auch im Sommer, wenn anderweite Aesung in hinreichendem Maasse vorhanden ist.

Fichte und Weisstanne sind der Gefahr des Schälens am längsten ausgesetzt, weil ihre Rinde in Brusthöhe lange Zeit glatt bleibt und erst in späterem Alter Borkebildung zeigt. Bei ihnen wiederholt sich desshalb auch oft nach mehrjährigen Zwischenräumen die Verwundung (Fig. 69) und kann man nicht selten Stämme finden, welche bis fünfmal in verschiedenen Altersstadien geschält wurden.

Kiefer und Lärche sind nur in einem kurzen Zeitraume dem Schälen ausgesetzt, zumal die Kiefer, da frühzeitig Borkebildung bei ihnen eintritt. Bei der Kiefer werden nur die 3- bis 5jährigen Schafttheile geschält, vorher stört die Benadelung, später die Borke. Es ist desshalb ein Jungort nur wenige Jahre dem Schälen ausgesetzt, dann nämlich, wenn die 3- bis 5jährigen Stammtheile in der Kopfhöhe des Rothwildes sich befinden.

Der Schaden, welcher durch das Schälen veranlasst wird, ist verschieden nach Holzart, Jahreszeit und nach der Ausdehnung der Wunde. Die harzreiche Kiefer leidet sehr wenig, wenn nicht etwa die Schälung rings um den Stamm erfolgt, also zur Ringwunde wird. Die blossgelegten Holztheile vertrocknen und füllen sich mit Terpentin und Harz so reichlich an, dass dadurch weitere Zersetzung und Vertrocknen der inneren Theile verhindert wird. Dagegen schliesst sich die Wunde sehr schwer, da die frühzeitig eintretende Borkebildung das Verwachsen der Ueberwallungswülste verhindert.

Die Fichte ist dagegen weit empfindlicher gegen das Schälen, nicht allein, weil dasselbe bei ihr erst in späterem Alter beginnt und weit grössere Wundflächen entstehen, sondern vor allem desshalb, weil die Wunde nicht in dem Maasse verkient wie bei der Kiefer. Das Winterschälen ist weniger nachtheilig als das Sommerschälen, weil einestheils die Verwundung weniger gross zu sein pflegt, weil ferner bis zu der Zeit, wo höhere Wärmegrade die Entstehung der Wundfäule oder das Keimen parasitischer Pilze befördern, die Verharzung der Wundfläche erfolgen kann.

Dringen Parasiten ein, dann verbreitet sich die Zersetzung schnell nach allen Richtungen und hat die Zerstörung des Baumes zur Folge. Andernfalls beschränkt sich die Wundfäule darauf, den inneren Holzkörper zu bräunen, ohne dass die in den Jahren nach der Verwundung entstandenen Holztheile angegriffen würden. Bleibt die Wunde lange offen, dann kann die Wundfäule sehr bedeutende Intensität erreichen, in der Regel erstreckt sie sich auf-

wärts im Stamm nur wenige Meter, so dass bei dieser Art von „Rothfäule" der Stamm nach Entfernung einiger Scheitlängen gesund ist. Dass bei eintretendem Schneedruck an den Schälwundstellen die geringste Widerstandskraft sich findet, dort also am ehesten Bruch erfolgt, ist leicht erklärlich.

Schälwunden der Mäuse.

Besonders die Waldmaus, Mus silvaticus, und die Feldmaus, Arvicola arvalis schädigen die Laubholzschonungen durch Benagen der Rinde während des Winters. Insbesondere leiden Buchenschonungen oft in hohem Grade. Lässt man die beschädigten Pflanzen stehen, so entwickeln sich die meisten derselben im Frühjahre scheinbar völlig normal, da ja der Holzkörper noch die Saftleitung nach oben zu verrichten im Stande ist. Die in den Pflanzen enthaltenen Reservestoffe werden oberhalb und unter der geringelten Stelle gelöst und zur Triebbildung verwendet. Im Laufe des Sommers trocknet der blossgelegte Holzkörper von aussen nach innen fortschreitend ab, es tritt auch noch Wundfäule hinzu und mit dem Verluste der Saftleitungsfähigkeit der beschädigten Stelle über dem Wurzelstocke vertrocknet die Pflanze. Wenn man erst dann dieselbe über dem Boden abschneiden wollte, würde damit wenig geholfen sein, da ja die Reservestoffvorräthe der Wurzeln schon verbraucht worden sind und ein kräftiger Ausschlag nicht mehr eintritt. Wenn man dagegen vor Laubausbruch die Schonungen durchsuchen und alle beschädigten Pflanzen über dem Boden abschneiden lässt, dann erfolgt unter der Beihilfe der noch in den Wurzeln vorhandenen Reservestoffvorräthe ein kräftiger Ausschlag, der in kurzer Zeit den Schaden nahezu verschwinden lässt. Stärkere Pflanzen erhalten sich wohl mehrere Jahre am Leben und zeigen selbst Adventivwurzelbildung über der Ringwunde, wie an dem Fig. 70 dargestellten Exemplare, an welchem die Schälung nur einseitig stattgefunden hatte.

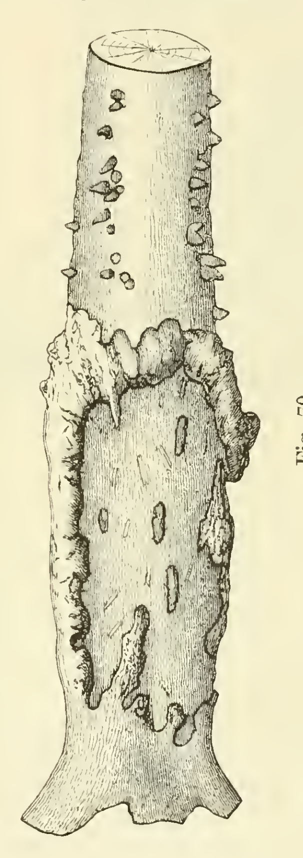


Fig. 70.
Rothbuche, von Mäusen über dem Wurzelstocke grossentheils geschält. Auf der linken Seite ist eine Verbindung geblieben. Oberhalb der Wunde zahlreiche Adventivwurzeln aus unverletzter Rinde hervorkommend. $^1/_1$ natürl. Gr.

Schälwunden durch Holzrücken, Viehtritt, Wagenräder etc.

Zu den häufigsten Verwundungen der Stämme am Wurzelanlaufe und an den flachstreichenden Wurzeln gehören die Abschälungen, welche beim Transport des Langholzes besonders an Bergabhängen erzeugt werden. Beim Schleifen der Stämme wird die Rinde am Fusse der stehenden Bäume, zumal wenn das Holzrücken an die Wege nach Eintritt der Saftzeit erfolgt, auf grossen Stellen abgeschält. Auf Viehtriften, Viehlagerstätten, auf Wegen werden die flachliegenden Wurzeln mannigfach verletzt und dringt von solchen Stellen die Wundfäule bei der Fichte um so höher im Stamme aufwärts, je nachhaltiger die Bodenfeuchtigkeit zu der Wunde Zutritt findet. Die mit Moos oder Humus bedeckten Wundstellen sind desshalb viel gefährlicher, als völlig frei liegende Stellen.

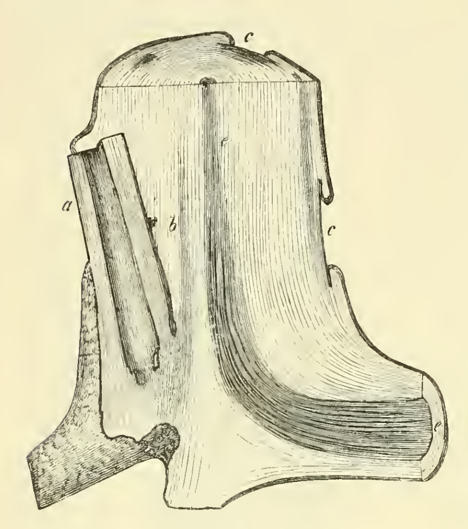


Fig. 71.
Fichtenstock von einem Zwilling. Der eine Stamm *a* ist in der Durchforstung abgehauen, inzwischen verfault und die Wundfäule steigt bei *b* in dem gesunden Stamme aufwärts. Bei *cc* sind Schälwunden durch Holzschleifen und bei *e* steigt die Wundfäule einer beschädigten Wurzel im Stamme aufwärts. $^1/_{10}$ Natürl. Gr.

Die meisten braunen (rothfaulen) Stellen, die auf der Abhiebsfläche der Fichtenstämme zu sehen und nach dem Abschneiden einer oder zweier Scheitlängen vom unteren Stammende verschwunden sind, entstammen solchen Wurzel- oder Wurzelstockverwundungen. Gelangt das Mycel von Agaricus melleus in solche Wurzelwunden, dann rückt die Fäulniss weit schneller vor und der Stamm kann im unteren Theile ganz ausfaulen.

Siedeln sich an einer solchen Wundstelle Waldameisen, Formica herculeana oder ligniperda an, dann fressen diese ihre Gänge oft hoch in dem Stamme aufwärts, höhlen den Baum aus und fördern die schnelle Zersetzung des Holzstammes.

Menschenhand ruft absichtlich oder unabsichtlich die mannigfachsten Schälwunden hervor, so z. B. bei Einzeichnung von Figuren oder Schriftzeichen. Werden diese unmittelbar in die Rinde eingegraben, so besitzt die Schälwunde die Gestalt der Figur und erhält sich auch nach der Ueberwallung noch viele Jahrzehnte durch die Begrenzung der alten Rinde gegen die Neubildung. Wurde dagegen zunächst eine grössere Holzfläche von Rinde ent-

blösst und die Figur in den Holzkörper eingegraben, dann verschwindet sie mit dem Schluss der Wunde. Es erhält sich nur die Grenze der alten Rinde gegen die zuvor abgeschälte Stelle.

Unabsichtlich wird bei dem „Röthen“ der Kiefern behufs Anlage von Theerringen nicht nur die todte Borke abgeschält, sondern oft auch der lebende Bast, ja selbst der Holzkörper verletzt. Wenn dann der Theerstrich ausgeführt ist, dringt nachträglich von innen noch Terpentin und Harz aus der Wunde und bildet einen weisslichen Belag auf dem schwarzen Theer. Irrthümlich hat man aus dieser Erscheinung ableiten wollen, dass der Theer stellenweise die Rindengewebe aufgelöst und jene Wunde veranlasst habe.

Quetschwunden.

Bei der Baumfällung im geschlossenen Bestande kommt es oft vor, dass der stürzende Stamm oder dessen Aeste die Nachbarbäume trifft, deren Rinde streift und quetscht (Baumschlag). Bei Aestungen quetscht die oberste Sprosse der angelegten Leiter die Rinde, bei Insectenvertilgungen wurden früher oftmals die Bäume geprällt, d. h. mit dem Rücken der Axt kräftig getroffen, damit in Folge der Erschütterung die Raupen erschrecken und herabfallen sollten. In Folge solcher Quetschungen stirbt zwar die Rinde ab und der Zuwachs hört auf der beschädigten Stelle auf, aber die Rinde erhält sich lange Zeit in Verbindung mit der lebenden, nicht verletzten Rinde und kann eine Ueberwallung nicht erfolgen, weil ja die Wachsthumssteigerung am Wundrande nur bei aufgehobenem Rindendruck erfolgt. Unter der erst nach vielen Jahren völlig verwesenden todten Rinde, die durch ihr Zusammentrocknen hier und da Risse bekommt, sammelt sich Wasser und fördert die Entstehung von Wundfäule.

Verwundungen bei der Harznutzung.

Die Nutzung des Terpentins resp. Harzes bei den Nadelholzwaldbäumen geschieht in verschiedener Weise. Bei der Weisstanne beschränkt sie sich auf die Nutzung des Oeles, welches sich in den gelegentlich bis zu Taubeneigrösse anwachsenden Rindenbeulen ansammelt (Strassburger Terpentin).

Bei der Lärche bohrt man umfangreiche Löcher in den Stamm, spundet diese zu und gewinnt so das aus den senkrecht im Holzstamm verlaufenden Harzgängen nach unten ausfliessende „Venetianische Terpentinöl“. Bei der Schwarzkiefer wird der Rindenkörper in ziemlicher Breite vom Stamme abgelöst und das aus den Markstrahlharzgängen reichlich ausströmende Terpentinöl theils in einer unterhalb der Wundfläche in den Holzstamm eingehauenen Pfanne gesammelt, theils nach der Verharzung von der Wundfläche abgescharrt. Da bald der blossgelegte Holzkörper völlig verkient, die

Markstrahlgänge durch Verharzung verstopft werden, so werden successive immer höher liegende Stammtheile geschält.

Bei der Fichte werden Rindenstreifen von 2—4 cm Breite in senkrechter Richtung von etwa 2 m Höhe bis zum Fusse des Stammes vom Holze abgelöst, und zwar an schwächeren Bäumen nur auf einer Seite, mit zunehmender Dicke des Baumes erfolgt die Harznutzung später auf vier Seiten, Fig. 72.

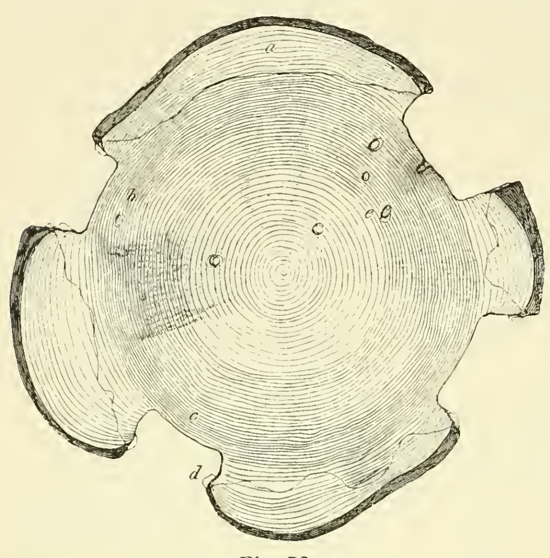


Fig. 72.

Durchschnitt eines Fichtenstammes der an 4 Seiten seit 10—15 Jahren geharzt ist. Die zwischen den 4 Lachten gelegenen ausserhalb der Grenzlinie gelegenen Splinttheile *a* sind allein wasserleitend. Das Holz innerhalb der beiden oberen Lachten *b* ist stark wundfaul, während die beiden anderen Lachten *c* innerhalb gesundes Holz zeigen. Zahlreiche Sirexgänge *e* gehen von den oberen Lachten aus. $^1/_5$ Natürl. Gr.

Wenn das Harz genutzt wird, dann schneidet man an beiden Seiten der Lachte den seit der letzten Nutzung entstandenen Ueberwallungswulst ab und öffnet dadurch neue Harzkanäle, aus denen wiederum Terpentin auszuströmen vermag.

Der blossgelegte Körper trocknet im Laufe der Jahre aus und es treten Zersetzungserscheinungen ein, welche dadurch sehr befördert werden, dass die Larven von Sirex von den Wundstellen aus tief in den Holzstamm eindringen und das Tagewasser durch sie in das Innere des Baumes gelangt. Die Wundfäule dringt oft hoch in den Baum empor und entwerthet die Stämme so sehr, dass in geharzten Beständen die Nutzholzausbeute von 70 auf 20—30 % herabsinken kann. Eine Zuwachsverminderung der geharzten Stämme ist bisher nicht nachgewiesen und von vornherein nicht wahrscheinlich, da ja der Terpentin kein für das Wachsthum des Baumes verwendbarer Stoff ist. Durch Harzentziehung wird dagegen der Werth des Holzes selbst sehr beeinträchtigt, weil die Güte desselben in hohem Maasse vom Harzgehalt bedingt wird.

Ringwunden,

wie solche oftmals durch Wildschälen und Mäusefrass entstehen, wie sie aber auch durch Menschenhand hier und da ausgeführt werden, wenn es sich darum handelt, in gemischten Beständen edlere Holzarten gegen dominirende Nach-

baren zu schützen, zeigen nicht immer den gleichen Einfluss auf den geringelten Stamm. Es ist bekannt, dass durch eine den Umfang des Stammes umfassende, wenn auch schmale Entrindung die Ernährung des Cambiums unter der Ringwunde und damit das Dickenwachsthum daselbst aufgehoben wird. Da der Holzstamm seine Saftleitungsfähigkeit nach oben auch in dem geringelten Theile bewahrt, so bleibt derselbe in der Regel noch mehrere Jahre am Leben. Es ist aber noch keineswegs völlig erwiesen, von welchen Verhältnissen die Lebensdauer des oberhalb der Ringwunde gelegenen Pflanzentheils bedingt wird*). Von 15 gleich starken und nahe zusammenstehenden Kiefern im 120jährigen Alter, die ich im Juni 1871 bis auf 2 m Höhe völlig entrindete, starben einzelne schon im Jahre 1872 ab, mehrere Versuchsstämme dagegen waren noch 1877 völlig gesund. Da hiernach der Tod nicht allein durch das Austrocknen des entblössten Stammtheiles von aussen nach innen bedingt sein kann, dürfte die Frage näher zu prüfen sein, ob nicht etwa das Aufhören des Zuwachses unterhalb der Ringwunde einen Nachtheil auf die Wasseraufnahmefähigkeit der Wurzeln ausübt.

Jene Fälle, in denen trotz Ringelung das Leben sich noch lange Zeit erhält, könnten vielleicht durch Wurzelverwachsung erklärt werden, durch welche die Wurzeln des geringelten Baumes von Nachbarstämmen ernährt werden.

Aestung**).

Das Aesten der Bäume ist eine in der forstlichen Literatur so viel besprochene Maassregel, die Ansichten über dessen Zulässigkeit sind so sehr auseinandergehend, dass eine etwas eingehendere Besprechung dieser Operation hier am Platze sein dürfte.

Der natürliche Ausästungsprocess der Bäume wird durch Beschattung, und in Folge davon durch eintretende Functionslosigkeit der Zweige, welche den Tod derselben nach sich zieht, herbeigeführt. Die absterbenden Zweige und Aeste werden durch saprophytische Pilze mehr oder weniger schnell zersetzt.

Die Schnelligkeit der Zersetzung und des Abfalles der Aeste ist in hohem Grade bedingt durch die Beschaffenheit ihres Holzes. Nur aus Splintholz bestehende Zweige der Laubbäume fallen früher ab, als solche mit Kernholz; die Kiefer reinigt sich weit früher als die Fichte und Tanne, weil die unterdrückten Zweige junger Kiefern aus lockerem, breitringigem Holze bestehen, während sich Tannen- und Fichtenzweige durch zähes, festes, widerstands-

*) Es ist hier nicht der Ort, um auf die Fälle näher einzugehen, in denen eine Wanderung der Bildungsstoffe nach unten in markständigen Bastorganen erfolgen kann.

**) R. Hartig, Zersetzungserscheinungen, S. 68 ff., S. 133 ff.

fähiges Holz auszeichnen. Die stärkeren, harzreichen und feinringigeren Aeste aus den höheren Schafttheilen der Kiefer erhalten sich dagegen sehr lange und werden mehr oder weniger vom Stamme umwachsen. Das Einwachsen der todten Aeste ist bei der Tanne und Fichte eine allgemeine Regel und fallen an Brettern, wenn deren Holz beim Trocknen schwindet, die Hornäste heraus, da sie ausser organischer Verbindung mit den benachbarten Holzschichten stehen.

Das Einwachsen todter Aeste würde viel allgemeiner stattfinden, wenn nicht die Eigenthümlichkeit bestände, dass dieselben nicht bis zur

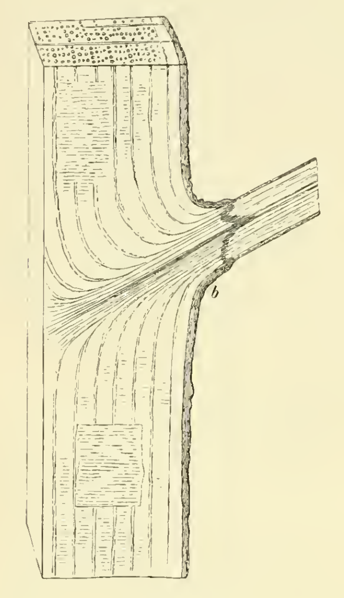


Fig. 73.

Durch den natürlichen Verdämmungsprocess abgestorbener Eichenzweig, dessen Basis *b* seitlich vom Hauptstamme ernährt wird.

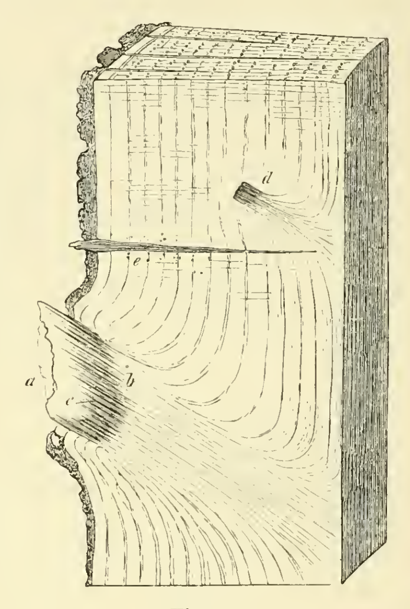


Fig. 74.

Durch natürlichen Verdämmungsprocess getödteter Eichenzweig nach dem Abfall desselben. Die ursprünglich hervorstehende am Leben erhaltene Zweigbasis *b* ist umwachsen, die schwarzbraune Grenze *c* zwischen dem lebenden und völlig zersetzten Holze *a* bleibt nach dem Ueberwallungsprocesse unverändert im Inneren erhalten, wie dies Fig. *d* für einen kleinen Zweig zeigt. *e* zeigt den Knospenstamm eines schlafenden Auges.

Basis absterben, sondern diese sich immer auf ein und bei stärkeren Aesten oft bis auf 4 cm Länge am Leben erhalten, Fig. 73.

Die Zweigbasis wird vom Schafte aus ernährt, am Leben erhalten und zu eigenem Dickenwachsthum befähigt, und wenn dann nach einigen Jahren der Schaft des Baumes durch sein jährliches Dickenwachsthum um so viel an

Durchmesser zugenommen hat, als die Länge der am Leben erhaltenen Astbasis betrug, dann ist inzwischen der todte Zweig so sehr zerstört, dass er durch Wind, Schneeanhang u. s. w. abgestossen wird (Fig. 74).

Die Wunde schliesst sich und nur ein kleiner, schwarzbrauner Fleck bezeichnet auch für die Folge im Innern des Baumes die Grenze des eingeschlossenen Zweigstutzes.

Der Baum schützt sich durch die vorstehend besprochene Einrichtung gegen das Einwachsen todter Aststutzen. Nur bei stärkeren Aesten tritt das Abfallen oft erst so spät ein, dass auch ein Theil des todten, bei den Nadelhölzern verkienten, bei den Laubhölzern mehr oder weniger zersetzten Asttheiles einwächst. Fällt dann später der völlig zersetzte Ast ab, dann entsteht ein Astloch, welches nur theilweise von den Ueberwallungsschichten ausgefüllt wird und selbstredend die technische Brauchbarkeit des Baumes sehr beeinträchtigt, Fig. 75.

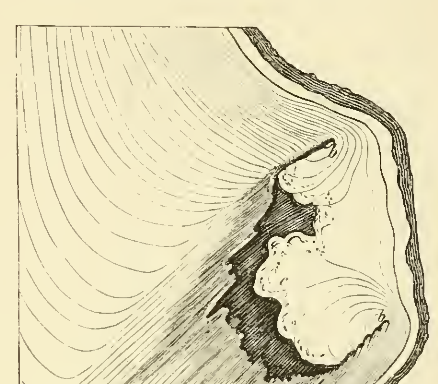


Fig. 75.
Ueberwallter todter und wundfauler Eichenast. 2/3 Natürl. Gr.

Es ist desshalb unter allen Umständen empfehlenswerth, die durch den natürlichen Unterdrückungsprocess zum Absterben gelangten grösseren *Trockenäste* beim Nadelholz und Laubholz möglichst rechtzeitig zu entfernen. Auf das Technische der Operation gehe ich nicht ein, nur bemerke ich, dass die Kosten selbstredend nur für solche Baumindividuen zu verausgaben sind, welche voraussichtlich als Nutzholzstämme Verwendung finden werden. Es unterliegt keinem Zweifel, dass mit fortschreitender Forstwirthschaft die *Trockenästung* in dieser Beschränkung *allgemeinen Eingang* finden wird, wie dies ja schon da, wo dieselbe eine höhere Culturstufe einnimmt, stattgefunden hat. Der Einwand, die Aestung koste zu viel, hat jedenfalls nur dann Berechtigung, wenn nachgewiesen wird, dass die Werthdifferenz zwischen einem astreinen Sägeblock und einem ästigen Stamme nicht gleich komme den Aestungskosten nebst Zinsen.

Oftmals dient jener Einwurf mehr als Vorwand, um die Unlust zur Uebernahme der vermehrten Arbeiten zu beschönigen.

Gehen wir nun zur Betrachtung der *Grünästung* über, worunter wir die Entnahme lebender, noch belaubter Aeste oder Zweige verstehen, gleichviel, ob diese durch Menschenhand oder durch Sturm, Schneeanhang u. s. w. ausgeführt

wird, so dürfte mit Ausnahme einiger näher zu bezeichnender Fälle immer ein Zuwachsverlust mit dieser Operation verbunden sein. Vermindert man die Summe der assimilirenden Organe, so wird auch für gewöhnlich die Summe der assimilirten Producte abnehmen.

Dieser von vornherein sehr plausibel klingende Satz ist aber von Th. Hartig, wie mir scheint, mit Recht einer Beschränkung unterworfen worden.

Vergleicht man die Laubmenge zweier Bäume, von denen der eine von Jugend auf im völlig freien Stande erwachsen und bis zum Fusse beastet, der andere, im dichten Bestandesschlusse erwachsene nur mit einer schwachen Krone versehen ist und stellt jenen Laubquantitäten die Zuwachsgrössen der beiden Bäume gegenüber, so zeigt zwar bei übrigens gleichen Standortsfactoren der reichbelaubte Baum einen höheren Zuwachs, als der armblättrige Stamm, aber keineswegs entspricht dieses Verhältniss dem der Laubmengen. Auf ein Blatt des schwach bekronten Baumes kommt eine weit grössere Production an Bildungsstoffen, wie auf ein Blatt des vollkronigen Baumes. Wir sind berechtigt, anzunehmen, dass bei frei erwachsenen Bäumen die Blattmenge das Maass überschreitet, welches erforderlich ist, um bei voller Beleuchtung die den jeweiligen Bodenverhältnissen und der Nahrungsaufnahmefähigkeit der Wurzeln entsprechende Summe zugeführter Nährstoffe zu verarbeiten. Die Blätter arbeiten also gleichsam nur mit einem Theile ihrer Assimilationsfähigkeit, während ein schwächer belaubter Baum einen gleichen Gesammtzuwachs leistet, wenn seine Blätter voll produciren. Ist diese Annahme richtig, was einer eingehenden Prüfung werth sein dürfte, dann würde eine schwache Ausästung des überreich belaubten Baumes ohne Zuwachsverminderung denkbar sein, es würde die verbleibende Laubmenge in der Folge bei voller Arbeitskraft des Einzelblattes dasselbe leisten, was die gesammte Laubmenge vor der Entästung geleistet hat.

Die bisherigen Versuche zur Prüfung dieser Frage dürften nicht genügen, um schon jetzt eine entscheidende Antwort geben zu können.

In der weitaus überwiegenden Zahl der Fälle, in welchen Aestungen in der Praxis vorkommen, wird mit denselben eine mehr oder weniger erkleckliche Zuwachsverminderung verbunden sein. Dieselbe äussert sich namentlich durch Verminderung des Zuwachses im unteren Baumtheile und kann bei weitgehender Ausästung der Zuwachs in den unteren Stammtheilen ganz aufhören, wie ich dies auch bei stark unterdrückten Bäumen nachgewiesen habe.

Man wird sich also bei der Ausführung der Aestungen immer darüber klar bleiben müssen, dass diese Operation an sich eine das Wachsthum des Baumes schädigende ist, dass gewichtige Gründe zur Vornahme derselben vorliegen müssen, um den Verlust an Zuwachs verschmerzen zu lassen.

Als solche sind einerseits Formverbesserung des Baumschaftes behufs Erziehung astreiner Schäfte, anderseits Rücksichten auf das Lichtbedürfniss eines unterständigen Baumwuchses zu bezeichnen.

Will man behufs Gewinnung glattschäftiger Stämme sich nicht auf die Wegnahme einzelner Aeste beschränken, sondern eine tiefer eingreifende Ausästung vornehmen, dann ist aber nicht bloss der Zuwachsverlust als solcher zu berücksichtigen, sondern es sind auch die indirecten Nachtheile dieser Zuwachsschwächung ins Auge zu fassen.

Zu diesen gehört zuerst die Verzögerung der Wundenheilung. Der Ueberwallungsprocess der Astwunden hängt selbstredend von der Zufuhr an Bildungsstoffen zum Cambium des Wundrandes resp. des Ueberwallungswulstes in hohem Maasse ab. Eine sehr starke Ausästung wird den Ueberwallungsprocess und damit den Schluss der Wunde sehr beeinträchtigen. Es ist mit Rücksicht darauf in Erwägung zu ziehen, ob nicht die Aestung bis zu der aus technischen Gründen festgestellten Schafthöhe lieber in zwei Malen unter Einschiebung einer mehrjährigen Ruhepause stattfinden soll. Nimmt man zunächst die untere Hälfte der zu entfernenden Aeste fort, dann ist die Verminderung der Bildungsstoffproduction noch nicht so nachtheilig für die Ueberwallung und in einigen Jahren können die Astwunden geschlossen sein. Wiederholt man dann die Operation, dann hat sich durch kräftigere Entwicklung der oberen Krone der Verlust einigermaassen ausgeglichen und auch die neu entstehenden Astwunden werden schneller sich schliessen, als sie gethan haben würden, wenn die ganze Operation mit einem Male ausgeführt worden wäre.

Durch eine solche Theilung verhindert man auch weit besser die Entstehung allzu zahlreicher Stammausschläge, die um so reichlicher zur Entwicklung gelangen, je mehr die Verwendung der im Baum enthaltenen Reservestoffvorräthe zur Entfaltung der Knospen an den Trieben der ursprünglichen Baumkrone beschränkt wird.

Die Ausschläge entstehen theils aus adventiven Knospen des Ueberwallungswulstes des Wundrandes, theils aus schlafenden Augen und zwar vornehmlich solchen, die der bereits eingewachsenen Basis des abgeschnittenen Astes selbst angehören, Fig. 74 *e*.

An aufgeschneidelten Fichten entstehen die zahlreichen, scheinbar aus der Rinde des Hauptstammes hervorkommenden Ausschläge, vorwiegend durch kräftige Entwicklung der schwächlichen, dünnen Kurztriebe, die am Grunde der Aeste schon im einjährigen Alter entstanden und mit der Verdickung des Hauptstammes einwachsen. Eine zweifellose Adventivknospenbildung vermochte ich nicht nachzuweisen.

Wird bei der Grünästung ein Aststutz (Stummel) ohne eigene Be-

laubung am Stamme belassen, dann stirbt derselbe wie bei dem natürlichen Ausästungsprocesse bis auf eine geringe, wenige Centimeter lange Basis ab und wird der Ueberwallungsprocess entweder unmöglich gemacht oder doch so sehr erschwert und so weit hinausgeschoben, dass inzwischen der todte Aststummel völlig verfault.

Wäre der Aststutz bis zur Basis entrindet worden, dann wären die Bedingungen der Ueberwallung schon günstigere, und der Ast würde vom Grunde aus leichter überwachsen werden, als das möglich ist unter der mit dem Tode des Aststutzes vertrocknenden Rinde. In Fig. 76 habe ich den Ueberwallungsvorgang eines starken Aststummels dargestellt und zur Klarlegung des Vorganges die Borke grösstentheils entfernt. Die Rinde des todten Aststutzes drückt fest auf den Holzkörper und die bereits bis über die Hälfte desselben vorgerückte Neubildung *a*, *b* ist nur dadurch zu Stande gekommen, dass diese durch ihr Dickenwachsthum die todte Borke gleichsam wie ein Keil von dem todten Holze abspaltet und der dünne anfangs gefässlose Rand der lebenden Gewebsschichten in den dadurch entstehenden Raum hineinwächst. Rückt die Neubildung nicht gleichmässig vor, was besonders dann der Fall ist, wenn eine unregelmässige Bruchfläche überwächst (Fig. 76 oben **). Dann entstehen die bekannten maserwüchsigen Astknollen.

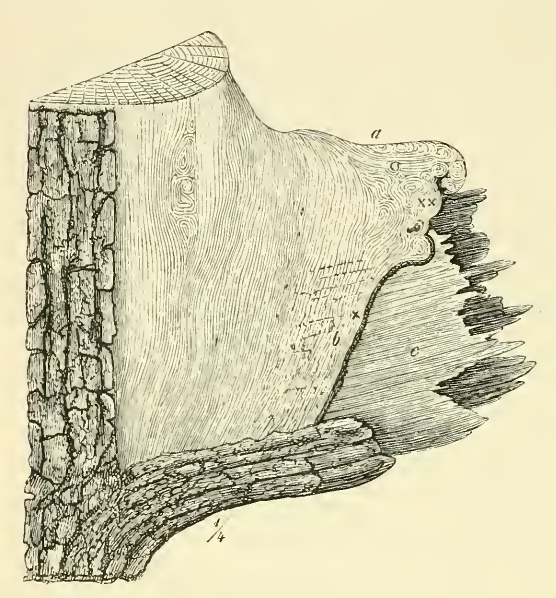


Fig. 76.
Abgebrochener Eichenast, welcher unter der nachträglich entfernten starken Rinde langsam von unten auf überwallt. Die Neubildung zeigt bei *a* maserartige Unregelmässigkeiten, bei *b* rückt sie gleichmässig mit dünnem gefässlosem Rande vor. *c* ist der todte Holzkörper. 1/4 Natürl. Gr.

Ein functionsloser Aststutz ist ein Hinderniss der Heilung und gilt desshalb die allgemein anerkannte Regel, bei der Aestung möglichst nahe am Stamme und parallel mit diesem den Schnitt zu führen.

Die Ueberwallung erfolgt dann aus den Seite 135 entwickelten Gründen und zwar am lebhaftesten in der Regel von den Seiten aus. Die Rinde ist aus naheliegenden Gründen zu beiden Seiten am leichtesten abzuheben, leichter wie am oberen und unteren Rande. Der obere Rand ist aber noch sehr be-

vorzugt gegenüber dem unteren Wundrande, da ersterem die Bildungsstoffe bei ihrer Wanderung von oben nach unten direct zugeführt werden, am unteren Wundrande dagegen gleichsam ein todter Winkel entsteht, der nur sehr spärlich mit Bildungsstoffen versorgt wird.

Ein weit wichtigeres Moment zur Erklärung der Thatsache, dass der untere Wundrand sehr schlecht zu überwallen pflegt, ist der Umstand, dass hier in der Regel der Rindenkörper vom Holzkörper bei der Operation der Aestung losgedrückt wird. Zur Zeit der cambialen Thätigkeit ist diese Loslösung ganz unvermeidlich und wird schon durch die Reibung des Sägeblattes erklärlich, sie wird aber besonders dadurch bewirkt, dass der sinkende Ast, nachdem er zuvor von unten eingeschnitten war, damit die Rinde des Stammes nicht vom Aste abgerissen werde, auf den unteren Wundrand einen gewaltigen Druck ausübt. Die Rinde des unteren Wundrandes bildet den Drehpunkt des sich senkenden Astes, und wenn dies auch nicht sogleich erkannt wird, so erleidet doch das Cambium an dieser Stelle eine tödliche Quetschung und Zerreissung. Dasselbe stirbt auf ein oder mehrere Centimeter Entfernung vom unteren Wundrande ab und die Neubildung, d. h. der Callus bildet sich selbstredend nicht am Wundrande, sondern unter der Rinde verborgen in grösserer Entfernung davon, Fig. 78. Dadurch aber wird der anfänglich noch fest aufliegende Rindenkörper vom Holze abgedrängt und es entsteht unterhalb der Wunde ein Raum zwischen Holz und todter Rinde, in welchem das von der Wundfläche abfliessende Wasser wie in einer Senkgrube sich ansammelt, selbstredend mit all den Organismen, die durch das Regenwasser von der Schnittfläche abgespült wurden. Hier ist der geeignetste Raum für die Keimung parasitischer Pilze, von hier aus sinkt, durch Vermittlung der Markstrahlen nach innen geleitet, das Wasser mit den darin gelösten Zersetzungsproducten in das Holz. Dieser Raum ist eine Senkgrube im eigentlichen Sinne des Wortes und zugleich der Angriffspunkt der Pilze. Hat man auch unmittelbar nach der Aestung die Wundfläche mit Theer bestrichen, so bleibt doch diese Stelle unbeschützt, denn sie

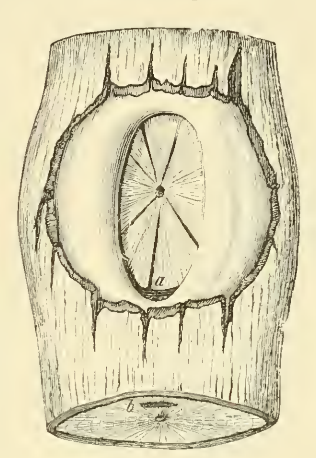


Fig. 77.
Halb überwallte Eichenastwunde.



Fig. 78.
Unterer Astwundrand, ein Jahr nach der Aestung. Der beim Sinken des Astes gequetschte Rindenkörper *a* stirbt bis *b* ab, von wo dann erst die Neubildung *c* beginnt und die Rinde nachträglich vom Holze abdrängt. Natürl. Gr.

entsteht ja erst später, wenn mit der Neubildung der Rindenkörper vom Holze abgedrängt wird. Sie bildet somit gleichsam die Achillesferse der Astwunde.

Sie zu vermeiden, muss die Hauptaufgabe der Aestung sein, sie kann aber nur vermieden werden, wenn man zur Zeit der Vegetationsruhe, d. h. im Herbst und Winter ästet, weil dann die Lostrennung der Rinde vom Holz am wenigsten leicht erfolgt. Wenn man dann noch die Vorsicht anwendet, den Ast beim Absägen zu unterstützen und im Momente der Lostrennung etwas von der Wundfläche abzustossen, dann ist die Gefahr auf das geringste Maass beschränkt.

Die Schnelligkeit des Ueberwallungsprocesses hängt ganz und gar von der Zuwachsgrösse des Baumes, andererseits von der Wundengrösse ab.

Junge Bäume mit relativ breiten Jahresringen überwallen schneller als alte Bäume, und diese um so schneller, je höher am Stamm die Wunde sich findet, da die Jahrringsbreiten mit seltenen Ausnahmen von unten nach oben zunehmen. Ebenso selbstverständlich ist es, dass auf gutem Standorte die Heilung sich schneller vollzieht, als auf schlechtem. Bei Laubhölzern, insbesondere der Eiche, auf welche ich meine Untersuchungen bisher beschränkt habe, dürften Astwunden über 10—12 cm Durchmesser nicht zulässig sein.

Die Folgen der Aestung in Rücksicht der Gesundheit des Baumes hängen bei Laub- und Nadelholz in erster Linie von der Jahreszeit ab, in welcher die Operation ausgeführt worden ist.

Soweit meine Beobachtungen reichen, ist die Sommerästung bei der Fichte immer sehr gefährlich und hat fast immer eine schnell vorschreitende Wundfäule zur Folge; in den von mir untersuchten Fällen war allerdings mit der Aestung immer auch eine Rindenbeschädigung verbunden gewesen. Bei Winter- resp. Herbstästungen können diese vermieden werden und da die Schnittflächen sich alsbald mit ausgepresstem Terpentin bekleiden, so bleibt die Wunde fast ganz frei von Wundfäule. Nur an älteren Kiefernästen tritt aus dem Kernholze kein Terpentin aus und hier ist desshalb Infection durch Parasiten leicht möglich.

Für Nadelhölzer scheint mir somit die Herbst- und Winterästung zulässig zu sein, wenn bei stärkeren Kiefern noch Theerung der Wundfläche erfolgt.

Bei den Laubhölzern tritt dann, wenn die Wundfläche nicht getheert wird, stets Wundfäule auf, die in wenigen Jahren von der Schnittfläche nach innen auf 3—4 cm vordringt, mit dem Schlusse der Wunde aber nicht weiter schreitet, Fig. 79. Findet die Aestung zur Sommerzeit statt, dann sinken vom unteren Wundrande aus die Zersetzungsproducte oft auf 4—5 m tief in den Stamm hinein. Das Unterlassen der Theerung steigert selbstredend auch die Gefahr

der Infection durch parasitische Pilze, die aber auch in getheerte Astwunden eindringen, wenn solche im Frühjahr oder Sommer entstanden sind, weil sie dann unterhalb des unteren Wundrandes eindringen können, Fig. 80.

Die Theerung hat den gewünschten Erfolg nur dann, wenn die Aestung im Spätherbste und Winter ausgeführt wurde, denn nur dann dringt der Theer in die Wundfläche ein. Es scheint, dass einestheils geringerer Wassergehalt

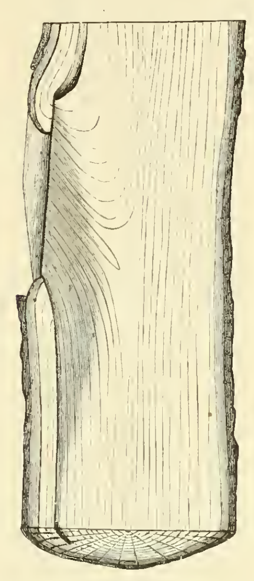


Fig. 79.
Eichenästung im Juli. Die Wundfäule ist von der getheerten Wundfläche und unterhalb der Wunde weit in den Stamm vorgedrungen. $^1/_3$ natürl. Gr.

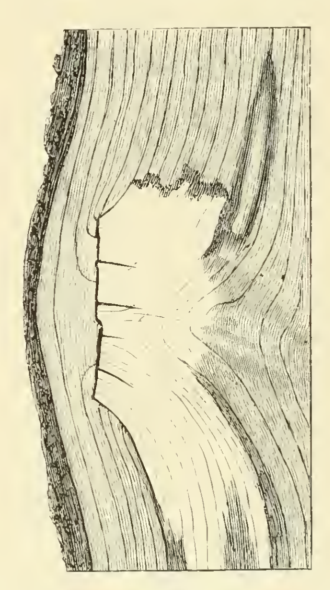


Fig. 80.
Ueberwallter Eichenast durch Hydnum diversideus inficirt. $^1/_2$ natürl. Gr.

des Holzes im Herbste anderentheils die damit im Zusammenhang stehende negative Spannung der Luft im Baume das Einsaugen des Theeres bewirkt.

Bei Frühjahrs- und Sommerästungen dringt einestheils der Theer gar nicht ein, die Schnittfläche trocknet trotz oberflächlicher dünner Theerschicht aus, bekommt Risse, in welche Wasser und Pilze einzudringen vermögen, anderentheils vereitelt die Abhebung der gequetschten Rinde von dem unteren Wundrande den Zweck der Theerung.

Es geht aus dem Gesagten hervor, dass man Laubhölzer am zweckmässigsten in den Monaten October, November, December,

(vielleicht auch noch Januar und Februar) ästet und dass sofort die Wunde mit Steinkohlentheer gut gestrichen werden muss.

Die meisten Aestungen wurden bisher im Sommer ausgeführt und erklärt sich daraus der immense Schaden, der den Eichen insbesondere dadurch zugefügt worden ist. Es ist aber unter allen Umständen wünschenswerth, dass weitere wissenschaftliche Aestungsversuche insbesondere auch mit mehreren Holzarten zur Ausführung gelangen, da die von mir ausgeführten Versuche nur die Eiche betreffen und auch noch nicht alt genug waren, um die vorliegenden Fragen allseitig befriedigend beantworten zu können*).

Das Beschneiden

der jüngeren Pflanzen (Lohden oder Heister) unterscheidet sich von der Aestung nur in Hinsicht der Zweigstärke und gilt das Meiste, was dort gesagt wurde, auch für das Beschneiden. Es ist mithin jedes Beschneiden ein Uebel, das nur durch gewichtige Gründe entschuldigt werden kann. Am ehesten ist das Beschneiden jüngerer Pflanzen statthaft nach dem Versetzen derselben, wenn hierbei eine bedeutende Verminderung der Wurzeln stattfinden musste. Im Frühjahre, so lange die ergrünenden Pflanzen noch wenig verdunsten, reicht die Wurzelmenge wohl aus, im Sommer dagegen kann das geschwächte Wurzelvermögen ungenügend werden zur Ernährung der ungeschwächten Krone, so dass diese ganz vertrocknet. Stellt man durch Beschneiden, insbesondere durch Kürzung der längeren Zweige von vornherein ein Gleichgewicht zwischen Wurzelmenge und Laubmenge her, dann ist diese Gefahr vermieden und die Pflanze ersetzt den Verlust in kurzer Zeit.

Ein zweiter Grund des Schneidens ist Formverbesserung der Pflanzen im Pflanzgarten oder im Bestande. Ich will hier nicht auf das Technische der Frage eingehen, möchte nur die gebräuchliche Sommerzeit als die für den Zuwachs der Pflanze selbst unpassendste bezeichnen. Beschneidet man im Frühjahre oder Herbste, dann entzieht man dem Individuum im Wesentlichen nur die Zweige, während die im Stamm abgelagerten Reservestoffe ihm erhalten bleiben. Schneidet man im Sommer, dann sind die Reservestoffe des Stammes zur Triebbildung und Blattentwicklung verbraucht und gehen verloren. Würde man bis zum Herbste warten, dann würden die Blätter der Zweige bis dahin noch Bildungsstoffe für das nächste Jahr producirt und zum Theil im Schafte abgelagert haben. Eine andere Frage, welche noch der wissenschaftlichen Beantwortung harrt, ist die, ob die Zweigwunden gegen parasitische Pilze, z. B.

*) Es wäre sehr zu wünschen, wenn die von mir 1875 in dem Eberswalder Institutsforste ausgeführten c. 240 Aestungsversuche in der Folge weiter verwerthet werden möchten.

gegen Nectrien im Sommer oder Herbst resp. Frühjahre mehr geschützt sind. Insbesondere kommt dieser Gesichtspunkt für Acer, Tilia, Aesculus in Frage, welche Holzarten nach H. Mayr am meisten durch Nectria cinnabarina zu leiden haben.

Das Belassen knospenloser Zweigstutzen am Hauptschafte wird mit Recht getadelt; denn dieselben sterben ab, vertrocknen und werden bei schnellem Dickenwachsthume theilweise umwachsen oder ganz eingeschlossen.

Unrichtig ist dagegen die Behauptung, dass von solchen Aststutzen aus noch in später Zeit die Fäulniss im Innern des Holzstammes ausgehe, denn selbst an in der Jugend geköpften oder auf den Stock gesetzten Eichen habe ich das nicht beobachten können.

Da die Wundengrösse gering ist, der Ueberwallungsprocess in der Regel schnell die Wunden schliesst, so ist kaum ein Theeren nothwendig, wenn solches auch immerhin nützlich ist. Die kleinen gebräunten Wunden im Centrum des Stammes mindern die technische Brauchbarkeit desselben nicht, da ja auch der natürliche Ausästungsprocess zahllose ähnliche Wunden erzeugt.

Dass an Aststutzen und Astwunden zuweilen parasitische Pilze, insbesondere die Nectria ditissima eindringen und krebsartig sich erweiternde Krankheiten erzeugen können, ist früher schon bemerkt.

Beseitigung der Fichtenzwillinge.

Die Fichte besitzt die Eigenthümlichkeit, bei einzelnem Stande im Pflanzcampe etwa mit dem dritten oder vierten Jahre einen doppelten Höhentrieb zu entwickeln. Anstatt eines Stammes erwächst ein Zwilling und wenn in der ersten Durchforstung einer von den beiden Stämmen weggenommen wird, dann verhält sich dessen Basis genau wie ein Aststummel, d. h. er stirbt ab und verfault (Fig. 71), während der andere Stamm ihn mehr oder weniger einschliesst. Die Wundfäule des abgehauenen Stammes überträgt sich leicht auf den andern Stamm und steigt in diesem auf Stock- oder Brusthöhe empor.

Will man diese Beschädigung vermeiden, dann entferne man schon in früher Jugend den zweiten Höhentrieb, was mit Hilfe eines langgestielten gebogenen Messers leicht ausführbar ist.

Geringeren Nachtheil hat die Entfernung derjenigen Fichtenstämme in der ersten Durchforstung, welche mit ihren Nachbarstämmen in Folge dichten Standes am Wurzelstock verwachsen sind.

Insbesondere kommen solche Verwachsungen häufig in Beständen vor, welche aus der Büschelpflanzung hervorgegangen sind. Da bis zum 20. oder 30. Jahre, also der Zeit der ersten Durchforstung die Verwachsung nur eine scheinbare zu sein pflegt, indem die Nachbarn noch durch ihre Rinde innerlich

von einander getrennt sind, so wird durch den Abhieb des einen Stammes der Nachbar fast gar nicht geschädigt.

Stammhieb über der Erde.

Werden Bäume über der Erdoberfläche abgeschnitten, oder wie man zu sagen pflegt, „auf den Stock gesetzt", dann treten mannigfache Reproductionserscheinungen auf, die nach Holzart und Alter verschieden sind. Bei den Nadelholzbäumen erfolgt ein Stockausschlag durch schlafende Augen nur im jugendlichsten Alter der gemeinen Kiefer, in welchem noch die Blattachselknospen über den Primärblättern am Leben sind. Mit dem Eintritt der Borkebildung, also im ca. 5. Lebensjahre gehen diese zu Grunde und die Ausschlagsfähigkeit geht verloren.

Die dreinadligen amerikanischen Kiefern z. B. Pinus rigida bewahren ihre Ausschlagsfähigkeit bis zu höherem Alter, indem sie theils im Quirl, theils zwischen demselben in der Mitte des Haupttriebes kurze Triebe entwickeln, die sich alljährlich entsprechend der Stammverdickung verlängern und nur wenige Nadelbüsche bilden. Von diesen geht eine reichlicher Stockausschlag aus. Die Reproductionsfähigkeit der Nadelholzstöcke ist von vorstehenden Fällen abgesehen, eine sehr beschränkte und zwar desshalb, weil es an schlafenden Knospen fehlt, die zur Ausschlagbildung gelangen könnten. Auch ist die Fähigkeit der Adventivknospenbildung im Callus des Wundrandes eine sehr geringe, und nur in Ueberwallungswülsten von Weisstannenstöcken sah ich ausnahmsweise neue Knospen und Ausschläge entstehen. Dahingegen zeigen viele Stöcke zumal bei Weisstannen, Fichten, Lärchen, selten bei Kiefern, eine nach mehreren Decennien zählende Lebensdauer, während welcher sie am Wundrande der Abhiebsfläche einen mehr oder weniger lebhaften Ueberwallungsprocess zeigen, so dass die ganze Hiebsfläche zuwachsen kann. Wenn auch wahrscheinlich diese Stocküberwallung aus der Wurzelverwachsung des gefällten Stammes (Zehrstamm) mit Wurzeln eines Nachbarstammes (Nährstamm) zu erklären ist, so bleibt doch immerhin der von Th. Hartig nachgewiesene Fall, in welchem ein Lärchenstock Ueberwallung zeigte, während eine Ernährung durch einen Nachbarstamm völlig ausgeschlossen war, weil jene Lärche auf einer grossen Waldblösse gestanden hatte, unerklärt. Th. Hartig nimmt an, dass die in den Wurzeln und im Wurzelstock vorhandenen Reservestoffvorräthe im Laufe der Jahre aufgelöst und zur Ernährung des Cambiums verwendet werden.

Die Laubholzstöcke entwickeln, falls nicht Rinde und Cambium von der Hiebsfläche aus mehr oder weniger tief durch Vertrocknen des Holzes und durch Zersetzungsprocesse getödtet sind, im Jahre nach dem Hiebe einen Callus, aus welchem reiche Adventivknospenbildung hervortritt. Zwar können diese

Adventivknospen oftmals kräftigen Stockausschlag liefern (Fig. 81), der aber sich nicht selbständig bewurzelt und unter der fortschreitenden Zersetzung des Mutterstockes zu leiden hat. Weit erwünschter und auch häufiger ist der Stockausschlag aus Proventivknospen (Fig. 66). Je tiefer diese am Stocke entspringen, um so besser ist es, da eine selbständige Bewurzelung derselben sehr erwünscht ist, um die neue Pflanze von dem Schicksale des Mutterstockes unabhängig zu machen. Desshalb haut man die Stöcke im Niederwaldbetriebe möglichst tief „aus der Pfanne", verkohlt im Eichenschälwaldbetriebe durch das „Ueberlandbrennen" den oberirdischen Stock, wobei die zu hoch entstandenen Ausschläge verloren gehen und die Entstehung tiefer Ausschläge befördert wird.

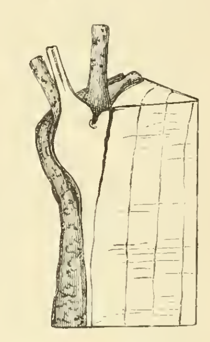


Fig. 81. Adventivknospenausschlag aus 1jähr. Callus eines Buchenstockes. Natürl. Gr.

Da die Lebensdauer der schlafenden Augen eine beschränkte ist, so ist von alten Stöcken kein Ausschlag zu erwarten. Aeltere Birken liefern am Stock anfänglich reichen Ausschlag, der aber meist nach einem oder zwei Jahren wieder abstirbt. Es erklärt sich dies aus der steinharten Borke, welche dem Dickenwachsthum der in ihr liegenden Basis des Ausschlages nicht nachgiebt. Die im Frühjahre enstandenen Ausschläge vertrocknen im Hochsommer, wenn dem gesteigerten Verdunstungsprocesse die Wasserzufuhr durch die in der Borke eingeklemmte Ausschlagbasis nicht schnell genug folgen kann.

Werden jüngere schlechtwüchsige Laubholzpflanzen über der Erde abgeschnitten, so zeigen die neuen Ausschläge oft einen so vorzüglichen und nachhaltigen Zuwachs, dass diese Maassregel schon vielfach in der Praxis als Culturmaassregel mit Erfolg angewandt worden ist. Eine wissenschaftliche Untersuchung dieser Erscheinung ist bisher nicht ausgeführt, doch ist es wahrscheinlich, dass der in den Wurzeln und im Wurzelstock befindliche Reservestoffvorrath nach dem Abschneiden des oberirdischen Pflanzentheils zunächst einem lebhafteren Wurzelwachsthum zu Gute kommt, und wenn dadurch die Wurzeln in eine tiefere, frische und nahrungsreiche Bodenschicht gelangen, dann wird das Wachsthum der Pflanze nachhaltig ein freudiges werden. Kümmernde Eichenwüchse auf oberflächlich verwildertem und verheidetem Boden sind durch Abbrennen des ganzen Bestandes oft zum freudigen Ausschlag und nachhaltig kräftigen Wachsthum angeregt worden.

Wurzelbeschädigungen,

welche theils durch Thiere z. B. Mäuse, am meisten aber durch den Menschen beim Culturbetriebe ausgeführt werden, sind stets nachtheilig für die Pflanzen.

Es muss desshalb sowohl während des Aushebens, als auch beim Transport und beim Einpflanzen der Erhaltung der Wurzeln die grösste Sorgfalt gewidmet werden.

Ein Beschneiden der Wurzeln ist stets ein Uebelstand, der nur in zwei Fällen nicht zu umgehen ist. Einmal dann, wenn Wurzeln beim Ausheben gequetscht, geknickt oder abgebrochen sind. Ein glatter Schnitt unmittelbar über der beschädigten Stelle fördert die Entstehung eines Ueberwallungswulstes und in diesem die Neubildung von Adventivwurzeln, er verhindert oder vermindert das Faulen der Wurzeln. Ausserdem ist ein Kürzen der Wurzeln nur noch zulässig, wenn die Kosten des Aushebens und Verpflanzens bei Conservirung des ganzen Wurzelsystems allzuhoch werden würden. Sehr viele Pflanzen leiden zudem weniger durch ein Kürzen der Wurzeln, als durch ein Umbiegen derselben beim Verpflanzen. Auch zur Erziehung stärkeren Pflanzmaterials kann ein wiederholtes Kürzen der Wurzeln nothwendig werden, um dadurch zahlreiche Wurzeln in der Nähe des Wurzelstockes hervorzurufen und einen dichten Wurzelballen zu erzielen.

Das zwecklose Beschneiden der Wurzeln, wie es leider noch so oft geschieht, ist in hohem Grade verwerflich. Andere Wurzelbeschädigungen kommen vor beim Streurechen, Wurzelreissen, Engerling- und Mäusefrass u. s. w.

Stecklinge.

Das Anwachsen völlig entwurzelter Pflanzentheile, Stecklinge, Setzstangen u. s. w., sowie das fernere Gedeihen derselben hängt im Wesentlichen davon ab, dass vor der Wiederherstellung einer reichen Bewurzelung die Verdunstung der Pflanze auf das geringste Maass beschränkt wird. Desshalb unterdrückt man die Laubentwicklung anfänglich dadurch, dass man bei den Stecklingen nur 1 oder 2 Knospen über die Erde hervorsehen lässt, so dass sich nur wenig Ausschläge bilden können, oder man bringt die unbewurzelten Stecklinge in einen mit Feuchtigkeit gesättigten Luftraum, wie das die Gärtner insbesondere zu thun pflegen.

Das so oft zu beobachtende Absterben scheinbar völlig angewachsener Stecklinge der kaspischen Weide auf Sandboden im Laufe des Hochsommers oder Herbstes des ersten Jahres erklärt sich dadurch, dass im Frühjahre Adventivwurzeln sowohl aus der Rinde des im Boden befindlichen Stecklinges, als auch aus dem Callus der unteren Schnittfläche entstehen. Geht nun durch Austrocknen der oberen Bodenschichten des lockeren Sandbodens der grössere Theil der aus der Rinde hervorgekommenen meist horizontal sich ausbreitenden Wurzeln verloren, dann genügen die dem Callus der Wundfläche entsprungenen,

immer schräg in den Boden dringenden Wurzeln oftmals nicht, den ganzen Wasserbedarf der belaubten Ausschläge im Hochsommer zu liefern und letztere vertrocknen.

Veredelungsprocesse.

Es ist hier nicht der Ort, um auf das Technische der verschiedenen Operationen einzugehen, vermittelst derer man ein lebendes Reis oder eine Knospe auf ein anderes Pflanzenindividuum überträgt, vielmehr kann hier nur der inneren Vorgänge*) kurz gedacht werden, die hierbei vorkommen. Nehmen wir den Process der Ablactirung aus, bei welchem zwei nebeneinanderstehende Pflanzen an einer oder mehreren Stellen so miteinander verbunden werden, dass gleichgestaltete Schälwunden beider Pflanzen eng vereint werden und so lange miteinander verbunden bleiben, bis sie völlig untereinander verwachsen sind, so beruhen alle Veredelungsoperationen darauf, dass man einen mit Knospen versehenen wurzellosen Pflanzentheil, das sogenannte Edelreis oder nur ein Rindenstück mit einer Knospe (Schild mit Auge) mit einer bewurzelten Pflanze, dem Wildlinge oder der Unterlage so verbindet, dass eine solche Verwachsung beider Theile eintritt, dass einerseits Wasser und Nährstoffe vom Wildling in das Edelreis und umgekehrt die Bildungsstoffe aus letzterem in die Unterlage übertreten können.

Die Operation gelingt in der Regel nur dann, wenn einerseits der Wildling schon oder noch in cambialer Thätigkeit sich befindet, so dass von dem, aus dem Cambium hervorgehenden callösen Gewebe sofort die Verwachsung mit der Cambialregion des Edelreises ausgehen kann, wenn andererseits das Edelreis oder Auge bei der Operation sich im Ruhezustande befindet. Es erfordert nämlich die Verwachsung eine gewisse Zeit. Entwickelt sich vor Eintritt der Verwachsung das Edelreis, oder sind gar die Knospen desselben bei der Operation schon geschwollen, so vertrocknet dasselbe in Folge der Verdunstung der jungen Blätter, bevor es aus dem Wildlinge den Wasserbedarf zu beziehen vermag. Desshalb schneidet man die Pfropfreiser schon im Februar und bewahrt sie so auf, dass ihre Vegetation möglichst zurückgehalten wird und noch ruht, wenn der Wildling bereits ergrünt ist. Das Oculiren findet bekanntlich meist im Sommer statt, nachdem bereits die neuen Blattachselknospen sich gebildet haben, die dann mit dem Wildlinge vereinigt werden, dessen Cambialschicht noch im Zustande der Zelltheilungsthätigkeit ist.

Man vereint Edelreis und Wildling so, dass die Cambialschicht beider in möglichst innige Berührung tritt, aber auch zwischen den Holzschnittflächen

*) Göppert, Innere Zustände der Bäume nach äusseren Verletzungen, Breslau 1873.

kein grösserer Zwischenraum verbleibt. Die Verwachsung ist nach den Untersuchungen Göpperts eine zweifach verschiedene, indem nicht nur die Cambialschichten resp. die aus denselben hervorgehenden callösen Gewebe, sondern auch die Holzschnittflächen unter einander verwachsen.

Das Markstrahlparenchym und wohl auch das Strangparenchym des Holzes wird zu neuer Zelltheilung befähigt und bildet ein Verbindungsgewebe, oder intermediäres Gewebe, welches den Raum zwischen den beiden Schnittflächen vollständig ausfüllt.

Ist die Operation geglückt und das Edelreis angewachsen, dann wird dasselbe in der Folge durch den von den Wurzeln des Wildlings aus dem Boden aufgenommenen rohen Nahrungsstoff ernährt. Die im Edelreis erzeugten Bildungstoffe anderseits ernähren das Cambium des Edelreises und des Wildlinges. Selbstredend erzeugen die Cambialzellen des Edelreises neue Organe derselben Art, ebenso erzeugt das Cambium des Wildlinges auch nur die charakteristischen Organe des Wildlinges. Die im Edelreis erzeugten Bildungsstoffe repräsentiren eine beiden Pflanzenformen verdauliche Nahrung und ebenso, wie die Kuhmilch nicht nur zur Ernährung des Kalbes, sondern auch eines Menschenkindes dienen kann, ohne dass letzteres desshalb die Eigenschaften der Kuh annimmt, ebenso ernährt sich der Wildling von den Bildungsstoffen des Edelreises, ohne dessen Eigenschaften anzunehmen. Ist den Cambialzellen des Wildlinges eine grössere Theilungsgeschwindigkeit als dem Cambium des Edelreises eigen, dann verdickt sich in der Folge die Unterlage mehr und umgekehrt. Die äussere Grenzlinie, in welcher der schnell und der langsam wachsende Stammtheil zusammenstossen, die oft auch durch die Verschiedenheit der Rinde und Borke gekennzeichnet wird, nennt Göppert die äussere Demarkationslinie: dieser entspricht selbstredend eine innere Demarkationslinie, in welcher das oft auch verschieden gefärbte Holz des Wildlinges und Edelreises aneinander grenzt (Fig. 82). Nur bei panachirten Edelreisern hat man beobachtet, dass dann, wenn am grünblättrigem Wildlinge nachträglich

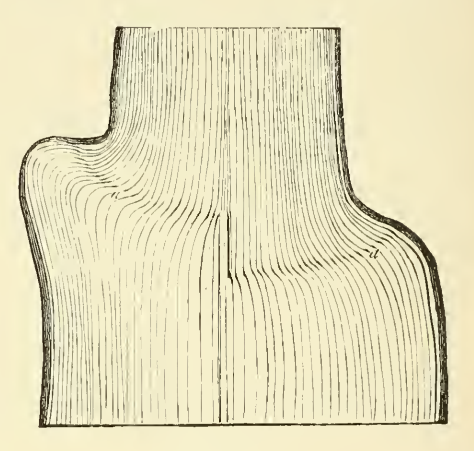


Fig. 82.
Querschnitt durch eine Veredelungsstelle von Sorbus Aria auf Sorbus Aucuparia. Die Grenze zwischen der langsamwüchsigen Aria und der schnellwüchsigen Aucuparia ist *aa* als innere Demarkationslinie bezeichnet. 1/4 natürl. Gr.

Ausschläge entstehen, diese in einzelnen Fällen ebenfalls Panachirung zeigen. Man muss hieraus wohl folgern, dass die in den panachirten Blättern des Edelreises erzeugten Bildungsstoffe eine chemische Eigenthümlichkeit besitzen, welche auch auf die Cambialzellen des Wildlings einen solchen Einfluss ausübt, dass die Blätter der neuen Triebe bunt werden. Auf die neuerdings in einzelnen Fällen beobachtete noch tiefer eingreifende Beeinflussung des Wildlings durch das Edelreis will ich hier nicht weiter eingehen und nur bemerken, dass es gelang, durch Pfropfung verschiedener Kartoffelsorten auf einander hybride Formen zu erziehen.

III. Abschnitt.

Erkrankungen durch Einflüsse des Bodens.

Nachdem in der Wissenschaft erkannt worden ist, dass alle Infectionskrankheiten von der chemischen Constitution des Bodens völlig unabhängig auftreten, beschränkt sich das Gebiet der Krankheiten, welche in Eigenthümlichkeiten des Bodens begründet sind, auf eine sehr geringe Zahl.

§ 16. Wasser- und Nährstoffgehalt

des Bodens bedingen in hohem Maasse die Zuwachsgrösse einer Pflanze, erzeugen aber nur sehr selten Krankheiten in dem Seite 5 beschränkten Sinne.

Zu solchen Krankheiten gehört zuerst die

Gipfeldürre oder Zopftrockniss,

welche Erscheinung im Allgemeinen auf eine bedeutende Verminderung des Wasser- oder Nährstoffgehaltes des Bodens zurückzuführen ist, durch welche der unter günstigeren Verhältnissen entstandene Pflanzenwuchs nicht mehr genügend ernährt werden kann.

In Rothbuchenbeständen tritt diese Krankheit besonders dann und zwar oft schon im Stangenholzalter auf, wenn die Bestände der Streunutzung unterworfen sind. Die Bodenverschlechterung äussert sich zunächst in einer allgemeinen Wuchsverminderung, oft aber auch im Vertrocknen der oberen Baumkrone, während die unteren Theile der Krone sich grün erhalten.

In Ellernbeständen hat eine übertriebene Entwässerung Zopftrockniss zur Folge. Eichen, die im vollen Bestandesschlusse eines Rothbuchenbestandes erwachsen sind und in Folge dessen nur eine schwache Krone besitzen, entwickeln nach dem Abtriebe des Buchenbestandes in der Freistellung reichliche

Wasserreiser am Schafte. Diese und die Baumkrone gedeihen einige Jahre vortrefflich, dann aber sirbt, zumal auf leichteren, schnell austrocknenden und verwildernden Böden, ein Theil der obersten Aeste der Baumkrone ab, die Eiche wird gipfeldürr. Erhält der Boden durch das Heraufwachsen des jungen Bestandes rechtzeitigen Schutz, dann tritt entweder gar keine Gipfeldürre ein oder diese schreitet nach den ersten Anfängen nicht weiter vor. Durch Abwerfen der trocknen Aeste kann die Gipfeldürre sich ganz wieder verlieren

Es ist schwierig, auf experimentellem Wege die Ursachen dieser Erscheinungen zu ermitteln, doch ist es wohl gestattet, sich diese Krankheit in nachstehender Weise zu erklären.

Unmittelbar nach Freistellung der Eiche steigert sich durch beschleunigte Zersetzung der Humusdecke die Summe der löslichen Nährstoffe des Bodens, die gesteigerte Lichtwirkung befähigt die Blätter der Baumkrone, schneller zu assimiliren; beides vereint veranlasst eine bedeutende Steigerung der Production von Bildungsstoffen und somit eine Zuwachssteigerung, durch welche auch die schlafenden Blattachselknospen zur Entwicklung von Stammsprossen befähigt werden.

Der erste Anstoss zum Erwachen der schlafenden Augen dürfte in der gesteigerten Bildungsstoffzufuhr liegen, die Möglichkeit der weiteren Entwicklung zu Stammsprossen liegt in der gesteigerten Lichtwirkung. Nach einigen Jahren kräftigen Wachsthums der Krone und der Stammsprossen ist der Humusvorrath verzehrt, die oberen Bodenschichten sind ihres Schutzes beraubt und trocknen im Sommer tief aus. Die Processe der Nährstoffaufschliessung leiden hierunter und der Vorrath an aufgeschlossenen Bodennährstoffen vermindert sich oder wie man zu sagen pflegt, der Boden „verwildert“.

Den Jahren der gesteigerten Nährstoffzufuhr folgt nunmehr eine Periode des Mangels und dieser Mangel an Wasser und Nährstoffen lässt die obere Baumkrone verhungern, da die unteren Zweige den Wasser- und Nährstoffvorrath für sich allein beanspruchen.

Bessert sich der Boden mit dem Heranwachsen eines jungen Bestandes wieder, dann kann sich mit der Steigerung der Nährstoffzufuhr die Krone wieder erholen, wenn diese nicht bereits allzusehr beschädigt war. Bäume, die vor der Freistellung schon eine kräftige Krone besassen, entwickeln wenige oder keine Wasserreiser und bleiben frei von Gipfeldürre, weil in den ersten Jahren der Nahrungssteigerung die Krone für sich allein im Stande ist, durch kräftigere Entwicklung die Mehrzufuhr zu verarbeiten. Es entstehen keine Wasserreiser und diese können also in den Jahren der Nahrungsnoth die Krone nicht beeinträchtigen. Letztere zeigt wohl ein allgemeines Kümmern, nicht aber ein Vertrocknen des Gipfels.

Aus dem Gesagten folgt, dass zur Vermeidung der Gipfeldürre der tem-

porären Bodenvermagerung vorgebeugt werden müsse. Sache des Waldbaues ist es, die Mittel zu finden, durch welche dem Boden Schutz und Pflege zu Theil wird und vermeide ich es gern, auf wissenschaftliche Gebiete überzugreifen, die von competenteren Personen erst neuerdings so vortrefflich besprochen worden sind.*)

Bekanntlich giebt es eine Reihe von Krankheitserscheinungen an landwirthschaftlichen Gewächsen, welche insbesondere durch Bodentrockniss herbeigeführt werden, und nenne ich hier nur das Verscheinen des Getreides, d. h. das Vertrocknen der Halme vor dem Fruchtansatze, und die Nothreife

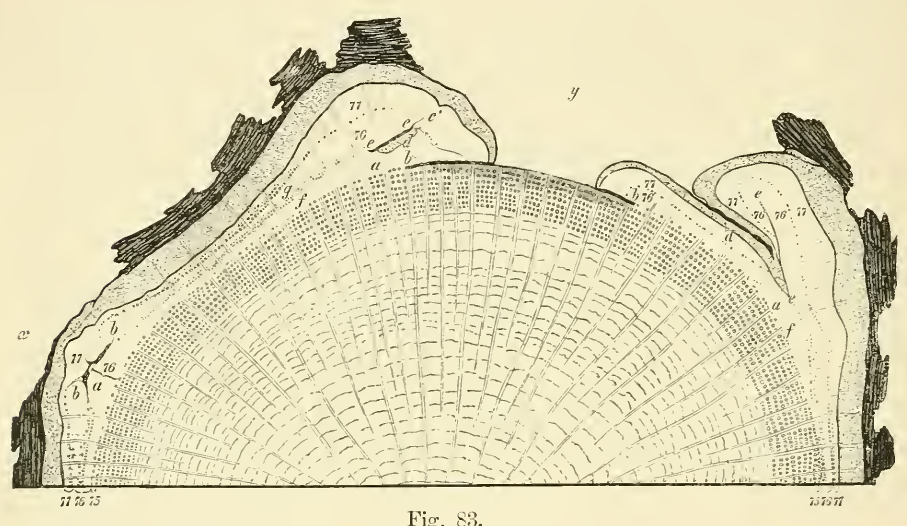


Fig. 83.

des Getreides, d. h. das Vertrocknen der Getreidepflanzen nach dem Körneransatze oder vor vollendeter Ablagerung der Bildungsstoffe in Form von Mehlen im Samenkorn.

Ausnahmsweise kann auch ein Uebermaass von Nährstoffen Erscheinungen im Pflanzenleben hervorrufen, welche nachtheiliger Art sind, doch möchte ich hier wiederholt davor warnen, krankhafte Erscheinungen in Ermangelung einer auf wissenschaftlicher Forschung beruhenden Erklärung kurzer Hand dem Boden zuzuschreiben.

Eine plötzliche Steigerung der Nährstoffzufuhr und die dadurch herbeigeführte bedeutende Zunahme der Bildungsstoffproduction kann unter Umständen eine Zersprengung äusserer Gewebstheile zur Folge haben, wenn sich diese nicht schnell genug dem Wachsthum innerer Gewebstheile

*) Gayer, Waldbau. II. Aufl. Berlin 1882.

entsprechend auszudehnen vermögen. Ueber das Zersprengen der Eichenrinde in einem schlechtwüchsigen 100jährigen Bestande (Fig. 83) habe ich kürzlich *) berichtet.

Nach lange Zeit versäumter Durchforstung ward ein starker Lichtungshieb vorgenommen. Der Zuwachs steigerte sich im dritten Jahre nach dieser Operation so bedeutend, dass der ganze Rindenkörper an zahlreichen Stellen von 5—20 ctm Länge gesprengt wurde. Die darnach eintretenden Reproductionserscheinungen habe ich bereits früher (Seite 134) besprochen. Sie beruhen theilweise auf Vernarbung der blossgelegten Holzflächen (zwischen *a* und *b* der Figur), theils auf Neubildung aus dem Cambium der Innenseite der Rinde (*e*—*e*), theils auf Ueberwallungsprocessen (*b*—*b*). Neuerdings habe ich ganz ähnliche Erscheinungen an Hainbuchen bei München beobachtet, welche in einem Buchenlichtschlage bedeutende Zuwachssteigerung zeigten.

Diese Verwundungen sind nicht nur insofern nachtheilig, als durch die darnach eintretenden Vernarbungs- und Ueberwallungsprocesse die Gradspaltigkeit der Stämme geschädigt wird, sondern weil auch an diesen Stellen parasitische Holzpilze einzudringen vermögen. Sie können wohl immer vermieden werden, wenn der beabsichtigten Lichtung eine stärkere Durchforstung um einige Jahre vorangeschickt wird.

Als selbstverständlich bedarf es keiner weiteren Ausführung, dass übergrosse stagnirende Bodennässe, wenn durch sie der Luftzutritt zu den Wurzeln verhindert wird, ein Verfaulen dieser und ein Absterben der ganzen Pflanze zur Folge haben kann, dass sie ferner zur Enstehung nachtheiliger Humussäuren führt, dass sie die Empfindlichkeit mancher Pflanzen gegen den Frost steigert, das Ausfrieren und Ausziehen der Pflanzen im Saatbeete vermittelt u. s. w.

§ 17. Ungenügender Luftwechsel im Boden.**)

Die Processe des Stoffwechsels in den Wurzeln erfordern ein lebhaftes Zuströmen des Sauerstoffs. Die Wurzeln ersticken und sterben ab, wenn ihnen andauernd die Sauerstoffaufnahme unmöglich gemacht wird. Nicht nur die Wachsthumsprocesse selbst, sondern auch die Processe der Reservestoffbildung und der Auflösung derselben, die ja in den Wurzeln besonders lebhaft stattfinden, sind an Sauerstoffzufuhr gebunden, und um diese Sauerstoffmenge vermindert sich die Bodenluft. Unter normalen Verhältnissen wird der Verlust reichlich ersetzt, theils durch die Temperaturschwankungen in den oberen Bodenschichten, theils durch Diffusionsprocesse, theils durch das

*) Untersuchungen aus d. forstb. Inst. S. 145—150.

**) R. Hartig, Zersetzungserscheinungen, S. 75 ff.

Eindringen sauerstoffhaltigen Wassers. Je grösser die täglichen und jährlichen Temperaturschwankungen der oberen Bodenschichten sind, je tiefer diese eindringen, um so lebhafter ist der Luftaustausch, oder der sogenannte Athmungsprocess des Bodens. Bekanntlich hängt diese Durchwärmung des Bodens in hohem Grade von dessen Wärmecapacität ab, denn der Boden wird sich um so schneller erwärmen oder umgekehrt abkühlen, je geringer dessen Wärmecapacität ist. Wasser und Humusbestandtheile besitzen eine hohe specifische Wärme und je reicher ein Boden an diesen Bestandtheilen ist, um so mehr Wärme gehört also dazu, seine Temperatur zu steigern. Ein Waldboden, der von einem Bestande nicht geschützt wird, der in Folge seiner Freilage leichter austrocknet, und der seinen Humusgehalt zum grössten Theile verloren hat, erwärmt sich mithin leichter, als ein von dichtem Bestande bedeckter, immer frisch bleibender, humusreicher Boden.

Es ist ferner selbstverständlich, dass ein der directen Insolation ausgesetzter Waldboden sich weit leichter durchwärmt, aber auch durch Wärmeausstrahlung sich weit leichter wieder abkühlt, als ein unter dem doppelten Schutze der Baumkronen und der Laub- und Humusdecke liegende Boden.

Was den Diffusionsprocess der Bodenluft betrifft, so wissen wir, dass derselbe nur in lockerem Boden ein beträchtlicherer ist, wenn dieser nicht zu sehr mit Wasser durchsättigt ist. Bei dichtem, festem und wasserreichem Boden ist der Gasaustausch ein äusserst langsamer. Unter gewissen Verhältnissen kann nun der Luftaustausch im Boden auf ein so geringes Maass sich beschränken, dass die Pflanzenwurzeln in demselben ersticken und verfaulen. Im Gegensatz zu den infectiösen Wurzelkrankheiten habe ich das durch Erstickungstod herbeigeführte Absterben der Wurzeln als

Wurzelfäule*)

bezeichnet. Diese Krankheit tritt in verheerendem Grade besonders in den jüngeren Kiefernbeständen Norddeutschlands auf. Sie beginnt selten vor dem zwanzigsten, meist erst mit dem dreissigsten Lebensjahre und äussert sich darin, dass nach kurzem Kümmern die noch völlig grün benadelten Bäume umfallen, wenn Schneeanhang oder starker Wind den äusseren Anstoss dazu giebt. Die Pfahlwurzel ist bis nahe dem Wurzelstocke nassfaul, alle oder die meisten flach streichenden Seitenwurzeln dagegen sind völlig gesund. Nur selten veranlasst das mit dem Abfaulen der Pfahlwurzel hervortretende Verharzen des Wurzelstockes ein völliges Vertrocknen des Baumes. Von der oft gleichzeitig in den Kiefernbeständen auftretenden Erkrankung durch Trametes radiciperda unterscheidet sich die Wurzelfäule durch das Abfaulen der Pfahl-

*) Zersetzungserscheinungen, S. 74 ff.

wurzel und das Gesundbleiben der Seitenwurzeln, während jener Parasit sich durch die Seitenwurzeln verbreitet und die Bäume tödtet, ohne dass sie umfallen.

In Fichtenbeständen tritt sie auf ganz flachgründigen Böden mit stagnirender Nässe ebenfalls auf, ist aber weniger schädlich, weil ja das flachstreichende Wurzelsystem die Fichte unabhängiger macht von dem Verfaulen der wenigen in die Tiefe gehenden Wurzeln.

Die Wurzelfäule tritt in Kiefernbeständen nur auf solchen Böden auf, wo in geringer Tiefe, meist in 0,5 m unter der Bodenoberfläche eine Bodenschicht vorhanden ist, welche dem Eindringen der Hauptwurzel in der Jugend des Bestandes kein Hinderniss bereitet, aber dabei so beschaffen ist, dass die Processe des Luftwechsels nur so lange in ausgiebiger Weise stattfinden, als der Bestandesschluss noch nicht eingetreten ist. Meist besteht diese Bodenschicht aus thonreichem Lehm oder äusserst feinkörnigem Quarzmehl (Flottlehm), und leistet der Bearbeitung mit dem Spaten Widerstand, so dass die Spitzhacke nöthig wird. Recht oft finden wir solche Bodenschichten da, wo früheres Ackerland der Waldcultur und zwar desshalb übergeben wurde, weil solche Bodenverhältnisse auch der landwirthschaftlichen Cultur widrig sind. Irriger Weise hat man dann das spätere Erkranken der Kiefern der früheren Ackercultur zugeschrieben Auf solchen Böden gedeihen die Kiefernculturen anfänglich vortrefflich. Die Pfahlwurzeln dringen in die Tiefe, bis zu welcher ja auch noch der Luftwechsel reicht. Erst mit dem Eintritte des Bestandesschlusses, der Ausbildung eines dichten, Sommer und Winter den Boden schützenden Kronendaches, der Entstehung einer dichten Nadel- und Humusschicht vermindert sich der Luftwechsel im Boden. Die Insolation hört auf, die Durchwärmung wird ebenso erschwert, wie die Abkühlung, die Diffusionsprocesse vermindern sich, weil der Boden ständig frisch bleibt und bei sehr dichtem, thonreichem oder festem Quarzmehlboden die Luft grösstentheils verdrängt wird. Wenn auch erst nach Jahrzehnten kann diese Störung des Luftwechsels dahin führen, dass die in die Tiefe gewachsenen Wurzeln nicht mehr ihren Sauerstoffbedarf völlig befriedigen können und ersticken.

Die Thatsache, dass die Wurzelfäule an Laubholzbäumen gar nicht und auch an in Laubholz eingesprengten Kiefern nur sehr selten auftritt, lässt sich vielleicht aus dem Umstande erklären, dass während der Hälfte des Jahres der Schutz des Bodens durch das Kronendach auf ein Minimum beschränkt, mithin der Luftwechsel des Bodens doch ausgiebiger ist als in Nadelholzbeständen.

Dies führt mich unmittelbar auf die angemessensten Vorbeugungsmittel, die immer dahin gerichtet sein müssen, die Bodendurchlüftung zu fördern. Erziehung gemischter Laub- und Nadelholzwaldungen, oder, wo dies nicht aus-

führbar ist, Ersatz der Kiefer durch die flachwurzelnde Fichte, frühzeitige Durchforstungen, Entfernung allzugrosser Laubanhäufungen in Thalmulden, Entwässerungen zur Beseitigung stagnirender Bodenfeuchtigkeit sind die in jedem Einzelfalle näher in Erwägung zu ziehenden Maassregeln.

Gewissermaassen als eine Art Wurzelfäule ist das Absterben der tieferen Wurzeln an zu tief versetzten Pflanzen zu bezeichnen. Je schwerer der Boden, um so nachtheiliger wirkt das allzu tiefe Einpflanzen. Im günstigsten Falle stirbt ein solcher Baum bald ab, meist aber kümmert derselbe Jahrzehnte hindurch, ohne im Stande zu sein, an Stelle des erstickten Wurzelsystems ein neues zu bilden. Nur wenige Bäume, z. B. Weiden, Pappeln u. s. w., häufiger aber Sträucher entwickeln nahe der Bodenoberfläche zahlreiche Adventivwurzeln, durch welche sie sich, wie völlig wurzellose Stecklinge, ein neues Wurzelsystem bilden.

Aehnliche Verhältnisse liegen vor, wenn ältere Bäume stark übererdet werden, wie dies bei Wegeanlagen, Bergwerken u. s. w. öfters vorkommt. Kann in solchen Fällen die Luft seitlich an die Wurzeln gelangen, wie dies wohl der Fall ist, wenn die Bäume an Böschungen stehen, dann schadet dies weniger, wird aber der Luftzutritt zu den Wurzeln in hohem Grade erschwert, dann sterben die Bäume ganz ab, oder kümmern doch. Bei glattrindigen Bäumen, z. B. Rothbuchen, Hainbuchen u. s. w. von 20 cm Stammdurchmesser fand ich noch lebhafte Adventivwurzelbildung aus unverletzter Rinde nahe der Oberfläche des aufgeschütteten Erdreiches.

Wo die Erhaltung werthvoller Bäume wünschenswerth erscheint, soll die Ringelung oder doch stellenweise Verwundung bis auf den Holzkörper nicht weit unter der Bodenoberfläche zu günstigen Resultaten geführt haben, indem sich an dem dort entstehenden Callus reichliche Wurzeln entwickelten, welche nahe unter der neuen Bodenoberfläche fortwachsend das Leben des Baumes erhielten.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass das Missglücken der Buchenverjüngungen sehr oft begründet ist in der noch ungenügenden Durchlüftung des von starken Humusmassen bedeckten Bodens, dass ferner die zu tiefe Aussaat besonders mancher feinerer Sämereien wegen ungenügenden Luftzutrittes zu dem keimenden und Kohlensäure ausscheidenden Samen missglückt.

Die bekannte Thatsache, dass die Keimproben des Ellern- und Birkensamens im Zimmer fast immer unbefriedigende Resultate geben, wogegen derselbe Samen, im Freien ausgesäet, herrlich keimt, ist wohl dem Umstande zuzuschreiben, dass nur im Freien der tägliche Temperaturwechsel des Bodens eine beständige Luftveränderung in der Umgebung des Samenkornes herbeiführt, während die gleichförmige Temperatur des Zimmers, verbunden mit der relativen Ruhe

der Zimmerluft die bei der Keimung ausgeschiedene Kohlensäure nicht schnell genug aus der Nähe des Samenkornes fortführt.

Bei Anhäufung keimender Samen tritt das Verderben aus ähnlichen Gründen ein. Auch das Verfaulen der Wurzeln unserer Zimmerpflanzen, wenn solche in glasirten und desshalb dem leichten Luftwechsel verschlossenen Töpfen cultivirt werden, ist der vorbeschriebenen Wurzelfäule verwandt.

§ 18. Giftstoffe.

Nur selten treten im Boden Stoffe auf, welche direct schädlich für die Vegetation sind, die man als Giftstoffe bezeichnen kann.

Das Chlornatrium als Bestandtheil des Seewassers ist schon oft in hohem Grade verderblich geworden dann, wenn bei Springfluthen die hinter den Dünen gelegenen Bestände überfluthet wurden und das Wasser nicht wieder zurückfliessen konnte, sondern langsam in den Boden einsickern musste*). Kiefern, Ellern, Eichen und Rothbuchen litten am meisten und standen ganz ab, während die Birke sich am widerstandsfähigsten erwies. Im Juli 1874 stellte ich im Verein mit dem Chemiker Schütze zu Eberswalde Versuche mit Kochsalzlösungen von procentischem Gehalt der Ostsee (2,7 %) und der Nordsee (3,47 %) an. Es wurden Saat- und Pflanzbeete der Kiefer, Fichte, Akazie und Rothbuche mit diesem Salzwasser so begossen, dass einmal nur ein Quantum von 14 Liter auf eine Fläche von 1 qm vertheilt wurde. Es starben die 1- und 3jährigen Fichten sowohl durch Ostsee- als durch Nordseewasser ab, sechsjährige Fichten starben nur durch Nordseewasser, bräunten sich theilweise durch Begiessen mit Ostseewasser. Mannshohe Fichten, von denen jede eine Giesskanne (14 Liter) Nordseewasser erhielt, starben zum Theil, während andere nur vorübergehend braune Nadeln erhielten und sich später wieder erholten. Einjährige Akazien starben auch durch Ostseewasser zum grösseren Theil ab, dreissigjährige Rothbuchen liessen auffälligerweise einige Zeit nachher lediglich an der Spitze eines jeden Blattes ein Absterben erkennen. Die Kiefer zeigte sich dagegen bei diesen Versuchen am unempfindlichsten, vielleicht in Folge der tiefgehenden Bewurzelung. Es wäre nicht uninteressant, wenn das Verhalten der Pflanzen zu schwachen Kochsalzlösungen eingehender untersucht und insbesondere auch festgestellt würde, ob das Kochsalz nur durch Wasserentziehung dem Pflanzengewebe nachtheilig werde.

Allgemein bekannt ist der nachtheilige Einfluss des Urins auf die Pflanzen, der sich schon aus dem Salzgehalt zur Genüge erklären dürfte. Auch Laugen

---

*) Schütze, Untersuchung von Boden und Holz aus Beständen, welche durch Sturmfluthen der Ostsee beschädigt sind. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1876 p. 380.

und Abfallwässer aus Fabriken, wo solche in grösserer Menge dem Boden zugeführt werden, sind erfahrungsmässig in hohem Grade nachtheilig, doch ist hier nicht der Ort, auf alle möglicherweise in Frage kommenden Giftstoffe solcher Abfallwässer näher einzugehen.

Nicht uninteressant ist auch der schädliche Einfluss nachhaltiger Kohlensäureexhalationen im Boden auf die Vegetation. Im Badeorte Cudova in Schlesien sind im dortigen Parke manche Quellen kohlensäurereichen Wassers verschüttet. An solchen Stellen gedeiht kein Strauch, sondern nur Graswuchs, vermuthlich desshalb, weil die daselbst frei werdende Kohlensäure sich so reichlich im Boden verbreitet, dass der Athmungsprocess der Wurzeln unmöglich gemacht wird. Graswuchs ist möglich, weil nahe der Bodenoberfläche der Luftwechsel ausgiebig genug ist, die Graswurzeln am Leben zu erhalten.

Dass Leuchtgas, wenn es in grösserer Menge aus Gasröhren im Boden sich verbreitet, den Baumwurzeln schädlich wird, ist nachgewiesen, doch darf man das Kümmern oder Absterben der Alleebäume in Städten nicht auf diese Beschädigung allein zurückführen wollen, vielmehr hat der Abschluss des Wassers und selbst des Luftwechsels bei sorgfältiger Pflasterung der Strassen und Trottoire ein Vertrocknen oder Ersticken der Baumwurzeln zur Folge.

Es mag schon hier kurz erwähnt werden, dass das Leuchtgas auch der Blumenzucht in unseren Wohnzimmern erheblichen Abbruch thut auch dann, wenn wenig Gas verbrannt wird, da ja doch immer geringe Gasmengen der Röhrenleitung entweichen. Camellien, Azaleen, Epheu sind sehr empfindlich, Palmen und Dracänen am unempfindlichsten gegen Gas.

IV. Abschnitt.

Erkrankungen durch atmosphärische Einflüsse.

§ 19. Wirkungen des Frostes.

Die Erscheinungen des Gefrierens und des Erfrierens der Pflanzen lassen sich nur dann in genügender Weise verstehen, wenn man sich über die Wärmequellen, die den Pflanzen zur Verfügung stehen, klar ist.

Die Processe des Stoffwechsels, welche höher entwickelte Thiere mehr oder weniger unabhängig von den äusseren Wärmeeinflüssen machen, sind im Pflanzenreich nicht ausgiebig genug, um einen irgend beachtenswerthen Factor auszumachen im Vergleich zu der Einwirkung der Wärme der umgebenden Medien auf die Pflanze.

Die Bodentemperatur beeinflusst bei allen älteren Holzarten, insbesondere bei den mit einer stärkeren Borke bekleideten Bäumen, vorzugsweise die Temperatur der unteren und inneren Baumtheile. In den Aesten und Zweigen überwiegt der Einfluss der Temperatur der Aussenluft.

Zur Zeit der Vegetationsthätigkeit und überhaupt dann, wenn der Verdunstungsprocess ein lebhafterer ist, überträgt das aus dem Boden aufgenommene Wasser die dort herrschende Temperatur auf das Innere der Pflanze. Man hat dies auf das Unzweifelhafteste dargethan, indem man zwei gleiche, von der Sonne beschienene Bäume, von denen der eine zuvor entästet war, untersuchte. Man fand, dass in dem voll belaubten Baume die Temperatur um 10° niederer stand, als in dem entästeten. Als man dann jenen ebenfalls ästete und dadurch die Wasserströmung zum Aufhören brachte, stieg sofort die Temperatur um 10° in die Höhe. Ist der Boden gefroren, so dass kein Wasser von den Wurzeln aufgenommen wird, dann erwärmt sich der Baum vom Boden aus allein durch directe Wärmeleitung, die aber immer bedeutungsvoll genug ist, um zu erklären, dass das Bauminnere auch bei anhaltender Kälte sich von unten auf durchwärmt und ein tiefgründiger Boden, in welchem

die Baumwurzeln sich tief hinab erstrecken, für die Durchwärmung der Bäume vortheilhafter ist, als ein flachgründiger.

Der Vortheil einer natürlichen oder künstlichen Bodenbedeckung für die Widerstandsfähigkeit der Obst- und Zierbäume gegen Winterkälte ist dadurch erklärlich. Es ist aber auch verständlich, dass das sogenannte Härterwerden, das heisst, die Erscheinung, dass solche Bäume, die in der Jugend oft erfrieren, mit dem höheren Alter scheinbar unempfindlicher werden, auf die günstigere Durchwärmung der in grösserer Tiefe wurzelnden Pflanzen zurückzuführen ist.

Das auffallend schnelle Ergrünen der Sträucher und Bäume nach einem ausgiebigen warmen Frühlingsregen ist ebenfalls der Durchwärmung vom Boden aus zuzuschreiben, sowie endlich das frühzeitigere Ergrünen schwächerer Bäume gegenüber den dominirenden Stämmen eines Bestandes darauf zurückzuführen ist, dass die Bodenschichten, in denen jene vorzugsweise ihre Bewurzelung ausgebreitet haben, schon durchwärmt sind, wenn in grösserer Tiefe, aus welcher die stärker und kräftiger entwickelten Wurzeln ihre Wärme beziehen, der Boden noch die Winterkälte zeigt.

Die Temperatur der Aussenluft bestimmt vorwiegend die Innenwärme der Zweige und Aeste, wie überhaupt aller feineren Pflanzentheile. Stammtheile mit sehr dicker Korkhaut und Borkeschicht lassen die Wärme nur sehr langsam von aussen in's Innere eindringen. Nur bei directer Insolation steigert sich die Erwärmung der von den Sonnenstrahlen getroffenen Baumseite auf ein hohes Maass, so dass selbst Krankheitserscheinungen, wie „Rindenbrand“ und „Sonnenriss“ dadurch hervorgerufen werden können. Der Durchwärmung der Pflanzen steht der Wärmeverlust gegenüber, den dieselben erleiden bei dem Processe der Wasserverdunstung, durch welchen den verdunstenden Geweben zunächst Wärme entzogen wird und bei dem Processe der Assimilation. In ganz hervorragendem Maasse wirkt aber die Ausstrahlung abkühlend, die um so grösser ist, je feiner die Pflanzentheile, je grösser also die Oberfläche im Vergleich zur Körpermasse ist. Die Abkühlung durch Wärmeausstrahlung erklärt ja nicht allein die Erscheinungen des Reifes, Thaues u. s. w. sondern auch die meisten Spätfröste, die oft genug bei stillem, klarem Wetter dann schon eintreten, wenn die Lufttemperatur noch über dem Gefrierpunkte steht. Aus dem Gesagten erhellt zur Genüge, dass die Zahlen, die man durch Ablesung der Baumthermometer, welche in Bohrlöcher beliebiger Bäume eingelassen sind, bekommt, aus einer Mischung verschiedenartiger erwärmender und abkühlender Factoren hervorgehen. Die Ermittelung dieser inneren Baumtemperaturen auf den forstlich meteorologischen Versuchsstationen hat für die Wissenschaft absolut keinen Werth und ist ein Missbrauch der Zeit der Beobachter, der sich nicht rechtfertigen lässt.

Wenn die Temperatur eines Pflanzentheils unter dasjenige Minimum hinabsinkt, welches zur Erregung und Fortführung der chemischen Processe des Stoffwechsels, also zur Hervorrufung der Lebensprocesse nothwendig ist, dann tritt ein Ruhezustand ein, der erst beendet wird, sobald wieder die erforderliche Wärmeeinwirkung auf das Gewebe ausgeübt wird. Sinkt die Temperatur erheblich unter $\pm 0^{0}$, dann gefriert die Pflanze, d. h. es scheidet ein Theil des Imbibitionswassers der Zellwandungen und ein Theil des Zellsaftwassers zu Eiskrystallen aus, während eine concentrirte Lösung, deren Gefrierpunkt tiefer liegt, im flüssigen Zustande zurückbleibt.

Im Holzkörper der Bäume, deren Organe grösstentheils keine Intercellularräume besitzen, kann das Wasser der Zellwandungen nur nach innen, also in's Lumen der Zellen zu Eiskrystallen ausgeschieden werden, die trockner werdende Wandung selbst gefriert nicht. Da das Lumen der Holzzellen neben Wasser auch reichlich Luft führt, so ist hinlänglich Platz vorhanden zur Ausdehnung des Wassers beim Uebergang in Eiszustand. Je tiefer die Temperatur sinkt, um so mehr Wasser verlässt die Wandungen, um so trockner werden diese.

So erklärt es sich, dass bei intensiven Kältegraden die Bäume ganz ähnliche Erscheinungen des Schwindens zeigen, wie gefälltes Holz beim Trockenwerden.

Die wasserarmen Wandungen vermindern entsprechend ihr Volumen und der Stamm reisst in der Längsrichtung auf; er bekommt Frostrisse oder Frostspalten (Fig. 84). Diese sind meist auf der Nordostseite der Stämme gelegen, weil intensive Kältegrade meist bei Nordostwind eintreten. In der Regel setzt die Entstehung von Frostspalten voraus, dass die starke Kälte plötzlich eintritt und die innern Baumtheile noch relativ warm sind, das Schwinden des Holzes nur in den äusseren Holzlagen sehr stark ist.

Es ist bekannt, dass solche Frostspalten, nachdem sie sich mit wiederkehrender höherer Temperatur geschlossen haben, im darauffolgenden Jahre von den Neubildungen des Spaltenrandes überwachsen werden und zwar der Art, dass der verminderte Rindendruck eine Zuwachssteigerung zu beiden Seiten des Risses veranlasst, die als Frostleiste hervortritt. Schon geringe Kältegrade sind in den Folgejahren im Stande, den Spalt wieder zu öffnen, da die schwache äussere Verwachsungsschicht leicht zerreisst. Oft wiederholtes Oeffnen und Ueberwallen erzeugt zuweilen sehr weit vorstehende Frostleisten. Folgen mehrere milde Winter auf einander, dann kann eine Frostspalte wieder völlig zuwachsen, wie in umstehender Figur zu sehen.

An alten Eichen beobachtete ich im Innern zuweilen zahlreiche radiale und peripherische Risse, die nicht bis zur Peripherie des Stammes sich erstreckten und sich auch bei ihrer Entstehung nicht bis dorthin erstreckt haben.

Ob diese Risse ebenfalls der Frostwirkung zuzuschreiben sind und unter welchen Umständen sie entstehen können, ist zunächst noch nicht klargestellt.

Blatt- und Rindengewebe, wie überhaupt alle parenchymatischen Gewebe scheiden beim Gefrieren reines Wasser in die umgebenden Intercellularräume aus, ohne in der Regel selbst zu gefrieren. Die Zellen verlieren dabei ihren Turgor, welken gleichsam und erklärt sich daraus die bekannte Erscheinung, dass vom Spätfrost betroffene Lilien, Hyacinthen u. s. w. platt an der Erde liegen, bis sie nach dem Aufthauen des Wassers, wenn solches von dem Zellinneren wieder aufgesogen ist, sich erheben und turgesciren.

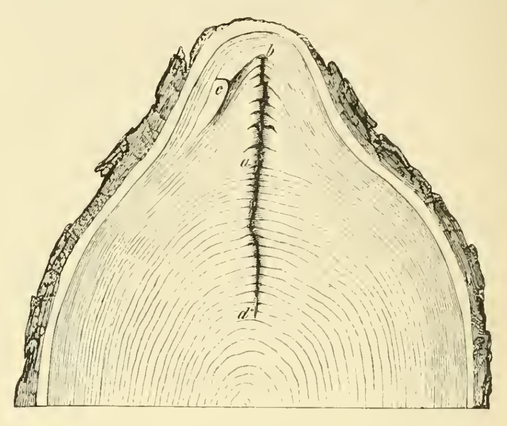


Fig. 84.
Frostriss in einem Eichenstamme. Derselbe ist entstanden im Winter, bevor der Jahrring *a* gebildet wurde und erstreckt sich von *a* bis *d*. Neun Jahre hintereinander ist der Spalt alljährlich neu aufgesprungen, so dass sich die Frostleiste *a—b* bildete, welche dann bei *c* eine seitliche Verletzung erlitt, aber in den letzten 5 Jahren nicht wieder aufgesprungen ist. $^1/_2$ natürl. Gr.

Zellen mit concentrirten Lösungen scheiden übrigens erst bei hohen Kältegraden Wasser aus und ich habe oft gefunden, dass Bäume, deren Holz stark gefroren war, in der Rinde und Bastschicht völlig frostfrei waren.

Gefrieren sehr wasserreiche, lebende Pflanzengewebe, insbesondere junge Blätter und Triebe bei Spätfrösten, dann scheiden sich in der Regel grössere zusammenhängende Eismassen an bestimmten Gewebstheilen, besonders gern unter der Oberhaut der Blätter und Triebe oder im Markgewebe aus, während die Gewebe ganz frei von Eis bleiben und nur entsprechend dem Wasserverlust zusammenschrumpfen. Diese Eismassen bestehen aus prismatischen Krystallen, welche unter sich parallel und rechtwinklig auf dem Gewebe stehen, aus welchem das Wasser ausfriert. Das Rindenparenchym der Stengel zeigt meist reichliche Intercellularräume, besonders da, wo das collenchymatische äussere Rindengewebe aufhört und hier kann, ohne grossen Nachtheil für die Pflanze selbst, eine Trennung der Rindengewebe durch Bildung der Eisschicht erfolgen. Nach Spätfrösten sah ich an Blättern des Bergahorns die Epidermis der Blattunterseite an zahllosen Stellen blasig abgehoben. Erst nach vielen Wochen übte diese gewaltsame Trennung einen nachtheiligen Einfluss auf die Gesundheit der Blätter aus.

Das Schwammparenchym der Blattunterseite mit den reichlichen, grossen Intercellularräumen ist offenbar zur Bildung der Eiskrusten besonders geeignet.

Im Blattstielgelenk der Akazie und anderer Bäume, welche im Herbste beim Eintritt des ersten Frostes noch grün sind, bildet sich in der vorgebildeten Trennungsschicht eine Eisplatte, durch welche das Blatt gleichsam abgesprengt wird, so dass dann am nächsten Morgen ein allgemeiner Blattabfall erfolgt.

Wenn gefrorene Pflanzentheile wieder aufthauen, dann stellen sich meist die Zustände im Zellgewebe wieder her, welche vor dem Gefrieren bestanden haben. Das Wasser wird, so wie es aus dem Eiszustande frei wird, langsam wieder von den Zellwandungen und dem Zellinhalte aufgesogen. In vielen Fällen aber erweisen sich die Pflanzentheile als getödtet. Die chemischen Processe, die unter der Einwirkung der rückkehrenden Wärme ins Leben treten, veranlassen nicht die normalen Processe des Stoffwechsels, sondern führen zu chemischen Zersetzungen. Es ist nun über den Zeitpunkt, in welchem der Frosttod eintritt, die Ansicht in der Wissenschaft getheilt. Während Göppert annimmt, der Tod trete bereits ein während des gefrorenen Zustandes, ist Sachs der Ansicht, der Tod trete erst beim Aufthauen der Gewebe ein und hänge insbesondere von der Art und Geschwindigkeit des Aufthauens ab.

Es lassen sich wohl beide Ansichten insofern mit einander vereinen, als der Frosttod im Erstarrungszustand bei dem Erfrieren im Winter, der Frosttod im Augenblicke des Aufthauens dagegen bei Spätfrösten eintreten dürfte.

Das Erfrieren im Winterzustand hat eine grosse Aehnlichkeit mit dem Vertrocknen der Gewebe. Mag der Verdunstungsprocess bei mangelhaftem Ersatz des Wassers durch die Wurzeln die Gewebe wasserarm machen oder das Gefrieren, in beiden Fällen ist das Austrocknen über ein gewisses Maass hinaus tödtlich für die Zelle, indem eine Veränderung der molekularen Eigenschaften der Zellwand und des Plasmas sich zu erkennen giebt, besonders bestehend in der Unfähigkeit, grössere Wassermengen in sich festzuhalten, welche Veränderung eine Umgruppirung der Substanztheilchen beim Austrocknen wahrscheinlich macht. Im lebenden Zustande sind die Micellen der Substanz von Wasser umgeben, welches von den Micellen festgehalten wird mittelst jener Art von Molecularattraction, die in ihrer Wirksamkeit in der organischen Substanz als Imbibitionskraft bezeichnet wird. Es lässt sich wohl denken, wenn auch nicht beweisen, dass das Lagerungsverhältniss, die Gruppirung der kleinsten Theile der Substanz bei allzustarkem Austrocknen eine Aenderung erleidet, und dass bei erneuter Wasserzufuhr nicht wieder die frühere Lagerung zurückkehrt. Der welke Zustand geht in den turgescenten über, wenn jene Grenze nicht überschritten worden ist, eine Zelle ist dagegen vertrocknet, vermag nicht wieder in den normalen, lebenden Zustand zurückzukehren, wenn das Maass der zulässigen Austrocknung überschritten wurde.

Dasselbe gilt für den Wasserverlust beim Gefrieren. Eine Zelle kann einen gewissen Kältegrad ungefährdet ertragen und nur dann, wenn der Wasserverlust durch Frost über ein gewisses Maass hinausschreitet, tritt jene moleculare Veränderung ein, die auch beim Vertrocknen der Pflanzen den Tod, d. h. die Veränderung der normalen Eigenschaften der Substanz mit sich führt.

Es giebt keinen besseren Vergleich, um jene molekulare Umgruppirung der Substanz zu erläutern, wie der Hinweis auf die bekannte Veränderung des Stärkekleisters nach dem Froste. Gefriert Kleister, dann scheidet ein mehr oder weniger grosser Theil des Wassers aus, der wasserarme Rückstand erleidet eine molekulare Veränderung, die ihn nicht mehr befähigt, das frühere Wasserquantum in sich aufzunehmen. Nach dem Wiederaufthauen bleibt das klare Wasser ausserhalb des veränderten Kleisters und dieser hat seine klebende Eigenschaft eingebüsst.

Im Zustande der Vegetationsruhe sind die perennirenden Pflanzen unserer Zone befähigt, auch die tiefsten Kältegrade unserer Winter zu ertragen, ohne zu erfrieren; mit anderen Worten, der Kältegrad, bei dem unsere Waldbäume jene verderbliche molekulare Umänderung ihrer Zellsubstanz erleiden, wird bei unseren Wintern nicht erreicht.

Südländische Bäume dagegen, und zu diesen gehören ja auch die meisten Obstbäume, erleiden den Frosttod bei uns in ungewöhnlich strengen Wintern, wie ja der Winter 1879/80 in trauriger Weise bewiesen hat. Der Härtegrad der exotischen Pflanzen ist in allen Abstufungen verschieden bis zu der niedrigsten Stufe, d. h. zu derjenigen, die auch in unseren milderen Wintern erreicht zu werden pflegt, womit die Möglichkeit des Ueberwinterns im Freien aufhört. Individuelle Verschiedenheiten treten neben den Artverschiedenheiten auf und darin liegt die Möglichkeit begründet, Pflanzen bei uns zu acclimatisiren. Eine Acclimatisation empfindlicher Pflanzen ist möglich, wenn wir durch Züchtung harte Varietäten zu erziehen suchen, denn die Widerstandsfähigkeit gegen Frost variirt unter den Individuen einer Pflanzenart ebenso, wie jede andere physiologische und morphologische Eigenthümlichkeit. Es ist auch wahrscheinlich, dass an den Grenzen der natürlichen geographischen Verbreitung der Pflanzen, da, wo denselben durch kälteres Klima Halt geboten worden ist, schon im Kampf ums Dasein härtere Varietäten gezüchtet worden sind; woraus a priori gefolgert werden darf, dass bei Anbauversuchen der Bezug der Sämereien aus solchen Grenzdistricten vortheilhaft sein muss.

Einheimische Waldbäume und Sträucher leiden durch Winterfrost nur unter ganz besonderen Umständen. Jüngere Pflanzen, insbesondere Eichensämlinge und Lohden bis zu 4jährigem Alter können in den Wurzeln erfrieren, wenn starker, anhaltender Frost ohne Schneedecke in unbedeckten leichteren

Boden eindringt. Die Wurzeln sind einestheils weniger geschützt durch dickere Korkhäute als der Stengel und die Vegetationsprocesse kommen in den Wurzeln viel später, oft erst Mitte Winter zur Ruhe, so dass die Gewebe nicht in dem Ruhezustande sich befinden, welcher sie widerstandsfähiger gegen Frostschaden macht. Solche Pflanzen treiben dann im Frühjahr ihre Knospen aus, vertrocknen aber alsbald, nachdem durch Verdunstung der zarten Triebe der Wasservorrath der Pflanze erschöpft ist.

Nicht völlig zum Entwicklungsabschlusse gelangte Triebe, insbesondere Johannistriebe der Eiche, leiden durch Winterfrost. Es gehört diese Erscheinung aber zu der zweiten Gruppe, d. h. zu den Frosterscheinungen von in der Vegetationsthätigkeit begriffenen Pflanzen.

Der Tod insbesondere der immergrünen Laub- und Nadelhölzer im Winter kann dadurch auch bei unseren einheimischen Pflanzen herbeigeführt werden, dass diese ihres Wassergehaltes nicht durch Kälte, sondern durch V e r d u n s t u n g beraubt werden.*)

Friert der Boden bis zu einer Tiefe aus, bis zu welcher die Wurzeln der jungen Pflanzen reichen, so hört die Wasseraufnahme durch letztere auf. Sind sie oberirdisch durch Schnee oder andere Schutzmittel vor Verdunstung geschützt, so schadet ihnen das nichts. Sind sie aber Monate lang, wie z. B. im Winter 1879/80 der Einwirkung der Luft und Sonne ausgesetzt, so sterben sie ab. — Es ist in diesem Falle lediglich ein V e r t r o c k n e n eingetreten. Aeltere Fichten und Tannen zeigten schon im Verlauf des Winters 1879/80 Bräunung und Tod der Benadelung da, wo an südlichen Bestandesrändern, an Eisenbahnböschungen, an Fichtenhecken u. s. w. die Sonne direct die Benadelung traf und der ständige Luftwechsel die Verdunstung förderte. Es sollen selbst alte Tannenbestände in den Alpen völlig erfroren sein in Lagen, welche dem warmen Südwinde am meisten exponirt waren. Es erklären sich meines Erachtens diese Erscheinungen allein aus dem Umstande, dass die directe Insolation im Laufe des meist klaren Winterwetters, beziehungsweise der warme Südwind ein wiederholtes Aufthauen und gesteigerte Verdunstung der Benadelung herbeiführte und dass die Nadeln, welche aus den, nach lang dauernder starker Kälte gefrorenen Stammtheilen kein Wasser zugeführt erhielten, vertrockneten. Viele Erscheinungen der Kiefernschütte erklären sich aus dem Vertrocknen der Nadeln. Die nachtheiligen Folgen des w i e d e r h o l t e n A u f t h a u e n s und G e f r i e r e n s, der langen Frostdauer und des starken, trocknen Windes erklären sich durch den gesteigerten Wasserverlust bei unterbrochener oder doch verminderter Wasserzuleitung.

Noch nicht völlig aufgeklärt ist die bekannte Thatsache, dass insbesondere

*) R. Hartig, Untersuchungen I, S. 133.

ausländische Coniferen auf nassen Standorten leichter erfrieren, als auf trockenen, dass überhaupt die saftreicheren Pflanzengewebe dem Frosttode mehr exponirt sind, als wasserarme Pflanzentheile.

Hat der Winterfrost die Bäume beschädigt, so äussert sich dies in verschiedener Weise, und ist hier zu betonen, dass die vorkommenden Verschiedenheiten noch keineswegs zur Genüge untersucht worden sind. Nach sehr strenger, anhaltender Winterkälte sieht man Rinde, Bast und Cambium, sowie die parenchymatischen Zellen des Holzkörpers absterben und sich bräunen. Die Bäume werden überhaupt nicht wieder grün, oder sie schlagen noch aus, blühen, können selbst noch Früchte tragen, aber im Laufe des Sommers oder Herbstes vertrocknen sie ganz. Es erklärt sich das Ergrünen der vom Frost geschädigten Bäume aus dem Umstande, dass die Säfteleitungsfähigkeit des Holzes anfänglich noch nicht erloschen ist und erst allmälig in dem Maasse schwindet, als die Zersetzung der parenchymatischen Zellen den leitenden Organen sich mittheilt oder der Holzkörper von aussen nach innen vertrocknet. Zuweilen wird Rinde und Basthaut nur stellenweise getödtet und überwallen diese Stellen nachträglich.

In anderen Fällen und insbesondere bei exotischen Nadelhölzern, doch auch bei Laubhölzern bleiben Rinde, Bast und Cambium, oft auch die jüngsten Jahresschichten des Holzes vom Froste verschont und nur das Parenchym des Holzkörpers insbesondere nahe der Markröhre wird getödtet. Bei Nadelhölzern tritt dann Anfang Mai der Tod durch Vertrocknen meist plötzlich ein; bei Laubhölzern, deren cambiale Thätigkeit bereits während des Laubausbruches beginnt, wird oft das Leben der Pflanzen erhalten, indem sich schon vor dem Verluste der Säfteleitungsfähigkeit des vom Froste betroffenen alten Holzkörpers ein neuer Holzring aus dem gesund gebliebenen Cambium bildet oder die jüngsten Jahresringe nicht erfroren sind und zur Saftleitung genügen. Wenn hierdurch auch nur eine kümmerliche Ernährung der Triebe und Blätter in den ersten Jahren nach dem Frostjahre möglich gemacht wird, so vermögen sich doch solche Stämme wieder zu erholen. Es ist in solchen Fällen eine stärkere Aestung oft sehr nützlich, da hierdurch die Verdunstungsmenge entsprechend der Wasserleitungsfähigkeit des Holzes vermindert wird. In sehr trockenen Jahren allerdings gehen wohl noch später manche Bäume an den Nachwirkungen des Frostes zu Grunde.

Im Zustande der Vegetationsthätigkeit, also zur Zeit des Eintrittes der Spät- oder Frühfröste hängt der Frosttod nicht mehr von dem Härtegrade der Pflanze, sondern von der Art des Aufthauens ab. Unsere einheimischen Waldbäume, die im Ruhezustande von der strengsten Winterkälte nicht leiden, erfrieren nach Laubausbruch bei wenigen Graden unter dem Nullpunkte und gilt hier sicherlich der Satz, dass der Frosttod erst beim Aufthauen erfolge. Gefriert ein

in voller Vegetation begriffenes Gewebe, dann treten die früher dargestellten Zustände ein; thaut die Pflanze ganz allmälig wieder auf, dann wird das Eiswasser successive, sowie es mit allmäliger Wärmezufuhr aus den Eiskrystallen hervorgeht, wieder in die Zellwände und in den Zellinhalt aufgesogen und wenn die Zelle die Temperatur erreicht hat, die aufs Neue chemische Processe ins Leben ruft, dann sind auch die normalen Imbibitionsverhältnisse in derselben wieder hergestellt, die Wärme veranlasst die Fortsetzung der zeitenweise gestörten Processe des Stoffwechsels. Anders gestaltet sich dies, wenn solche Pflanzentheile schnell wieder aufthauen, z. B. in ein warmes Zimmer gebracht, mit den warmen Fingern berührt oder von der Sonne plötzlich durchwärmt werden. Die schnelle Wärmezufuhr veranlasst ein schleuniges Aufthauen der Eiskrusten in den Intercellularräumen, und das Eiswasser, das nur langsam von den Zellwänden resp. dem Plasma wieder aufgesogen werden kann, ergiesst sich in die Intercellularräume, verdrängt die Luft aus denselben, so dass solche plötzlich aufgethaute Blätter durchscheinend werden. Die normalen Imbibitionsverhältnisse sind noch nicht wiederhergestellt, wenn die Wärme aufs Neue chemische Processe hervorruft. Diese können nicht die normalen Processe des Stoffwechsels sein, sie führen vielmehr in dem noch wasserarmen, gleichsam welken Zellgewebe zu Processen der chemischen Zersetzung, zum Frosttode. Es ist desshalb dringend zu rathen, vom Spätfrost betroffene Pflanzen vor dem zu schnellen Aufthauen zu schützen.

Nach nasskalten Sommern sind oftmals selbst an unseren einheimischen Waldbäumen, z. B. der Eiche, die kräftigen Johannistriebe noch nicht im Zustande der Winterreife, wenn die ersten Frühfröste eintreten. Exotische Holzgewächse, die zur normalen Entwicklung ihrer Lebensprocesse grössere Wärmeeinwirkung erfordern, als in unserem Klima ihnen geboten wird, gehen alljährlich in unfertigem Zustande in unsern Winter hinein. Die jüngsten Organe der Jahrestriebe sind, zumal wenn diese bis in den Nachsommer hinein sich verlängerten (Ailanthus etc.) noch nicht fertig, die jüngsten Elemente des Jahrringes befinden sich noch im cambialen Zustande, ihre Wandungen sind noch nicht verholzt, die Bildungsstoffe noch nicht in Reservemehle umgestaltet etc. Es tritt dann dieselbe Empfindlichkeit gegen Frost ein, wie im Frühjahr nach Spätfrösten. Die unterbrochenen chemischen Processe führen nach dem schnellen Wiederaufthauen zur Zersetzung.

Dem Froste werden zahllose Krankheitserscheinungen an Pflanzen zugeschrieben, ohne dass dies in irgend einer Weise bewiesen wäre, insbesondere hat man den sogenannten Baumkrebs gern auf Frostwirkung zurückgeführt.

Die meisten Krebsbildungen gehören zu den Infectionskrankheiten und ich habe nur in einigen exquisiten Frostlagen Krebsbildungen an den verschiedenartigsten Laubholzwaldbäumen zu beobachten Gelegenheit gehabt, die zweifels-

ohne dem Froste zuzuschreiben sind, welche Krankheit ich desshalb als Frostkrebs*) von den verschiedenen Pilzkrebsbildungen unterscheide.

Der Frostkrebs entsteht immer am Grunde eines durch intensiven Spätfrost getödteten Seitenzweiges. Die erste Anlage wird gleichsam repräsentirt durch den Ueberwallungswulst, welcher den todten Zweig an der Basis umgiebt. Wiederholen sich die Spätfröste eine Reihe von Jahren an solchen Oertlichkeiten (Frostlöchern), dann wird der noch nicht von fester, derber Korkhaut geschützte Ueberwallungswulst getödtet, wenn in seinem Gewebe bereits vegetative Thätigkeit eingetreten ist, also bei Frösten im Mai. Oft auf 1 cm oder grössere Entfernung von der Basis des Zweiges stirbt das Gewebe ab und es entsteht in der Folge ein neuer Ueberwallungswulst unter der todten und bald der Zersetzung anheimfallenden Rinde. Bleiben die Pflanzen mehrere Jahre hintereinander frei von Spätfrösten, dann können solche Krebstellen völlig wieder zuwachsen. Wiederholen sich dagegen die Fröste, dann erweitert sich mit jedem Spätfrostjahre die Krebsstelle. Zum Unterschiede vom Pilzkrebs, der alljährlich sich vergrössert, nimmt der Frostkrebs nur in Frostjahren an Grösse zu. Ferner tödtet der Spätfrost von der blossgelegten Stelle aus auch den Holzkörper bis zur Markröhre. Die Zersetzungsprodukte des getödteten Zellinhalts verbreiten sich auch mehr oder weniger in dem Stamm aufwärts und abwärts, während beim Pilzkrebs der blossgelegte Holzkörper meist nur äusserlich gebräunt wird.

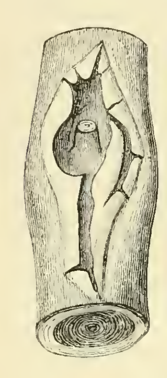


Fig. 85.
Rothbuchenzweig mit Frostkrebsstelle in der Umgebung eines erfrornen Zweiges. Der Holzkörper ist im Inneren gebräunt. Natürl. Gr.

Dass kleinere, durch die Kälte entstandene Risse der Rinde die erste Ursache des Krebses seien, wie behauptet worden ist, habe ich nie Gelegenheit gehabt zu beobachten, bezweifle auch die Richtigkeit dieser Angabe.

§ 20. Rindenbrand, Sonnenriss.

In Wissenschaft und Praxis werden zwei ganz verschiedenartige Erscheinungen unter den vorstehend aufgeführten Namen zusammengeworfen.

Die häufigere Krankheitserscheinung, die ich speciell als Rindenbrand bezeichnen möchte, ist Folge ungewöhnlich intensiver Sonnenwirkung während der Monate Juli und August auf die Rinde solcher glattrindiger Bäume, welche im Bestandesschlusse erwachsen plötzlich freigestellt worden sind.

Am meisten leiden unter Rindenbrand die Rothbuche, Hainbuche, Fichte, Weymouthskiefer und Tanne, und in der Regel ist die Veranlassung solcher

*) R. Hartig, Untersuchungen I, Seite 135 Taf. VII.

Freistellungen eine Weganlage, ein Eisenbahndurchhieb, Schneisenanlage oder das Ueberhalten einzelner Bäume als Samenbäume oder zur Erziehung von Ueberhältern.

Die Erkrankung der Rinde, d. h. das Vertrocknen und Abblättern derselben erfolgt fast stets auf der Süd-West Seite und zwar desshalb, weil diese zur Zeit der höchsten Luftwärme von den Sonnenstrahlen getroffen wird.

Es wäre wünschenswerth, wenn noch eine eingehendere Untersuchung dieser Krankheit vorgenommen würde, welche die Frage zu lösen hätte, ob das Absterben der Rinde der durch intensive Erhitzung abnorm gesteigerten Verdunstung d. h. dem Vertrocknen oder der directen Erhitzung bis zu einer Temperatur zuzuschreiben ist, welche das Plasma tödtet. Es ist ferner dabei zu untersuchen, welches die Verschiedenheiten im anatomischen Bau resp. in der Dicke der Rindenschichten sind, die es erklären, dass Bäume derselben Art, wenn sie von Jugend auf in freiem Stande erwachsen sind, völlig widerstandsfähig gegen die Sonnenwirkung sind, während im dichten Bestande erwachsene Bäume eine Rindenbeschaffenheit besitzen, welche die Sonnenwirkung nicht zu ertragen vermag.

Bei Ueberhältern, welche vereinzelt in Schonungen stehen geblieben sind, beginnt die Krankheit meist am Wurzelanlauf nahe über dem Boden. Es ist anzunehmen, dass es die Hemmung des Luftzuges durch hohen Graswuchs oder den vorhandenen Jungwuchs dicht über dem Boden ist, die das Uebel steigert, resp. schneller herbeiführt und oft genug tritt der Rindenbrand an solchen Stämmen in demselben Maasse auch weiter am Stamme aufwärts auf, je höher der Jungwuchs in der Umgebung des Stammes emporwächst.

Es ist selbstredend, dass von den entblössten Stellen des Baumes aus das Verderben schnell ins Innere dringt. Abwechselndes Austrocknen des unbeschützten Holzkörpers und Durchtränkung des dadurch auch in seinem parenchymatischen Bestandtheile getödteten Baumtheils mit von aussen eindringendem Wasser veranlassen die schnelle Zersetzung, die entweder den Charakter der Wundfäule beibehält oder auch den schnellen Tod des Baumes nach sich ziehen kann, wenn parasitische Baumpilze eindringen.

Eine ganz andere Krankheitserscheinung ist diejenige, die zweckmässig mit S o n n e n r i s s *) bezeichnet wird und zuweilen im Nachwinter oder Frühling an Buchen, Hainbuchen, Ahorn, und Eichen auftritt. Sie besteht darin, dass im Frühjahre die Rinde der Bäume auf geringere oder grössere Länge aufreisst und zu beiden Seiten des Risses sich auf mehrere Centimeter Breite vom Holzstamme loslöst, bei der dünnrindigen Buche auch abstirbt. Ein solcher Sonnenriss ist oft schon nach wenigen Jahren wieder durch den lebhaften Ueber-

*) R. Hartig, Untersuchungen S. 141.

wallungsprocess verheilt, während Rindenbrand meist gar nicht wieder überwallt. Fig. 86 giebt in halber Grösse den Querschnitt aus der südlichen Hälfte eines Eichenstammes in dessen oberem Theile. Der fragliche Stamm etwa 170 Jahre alt, an einem ziemlich steilen Nordhange im lichten Buchenstangenholze stehend, zeigte zahlreiche Sonnenrisse am ganzen Stamm von Jugend auf.

Der kalte, von den Sonnenstrahlen im Frühjahre auch unter Mittag kaum getroffene Boden, musste den Holzkörper der Eiche noch sehr kühl erhalten zu Zeiten, wo der Stamm von den Sonnenstrahlen bereits intensiv erwärmt wurde.

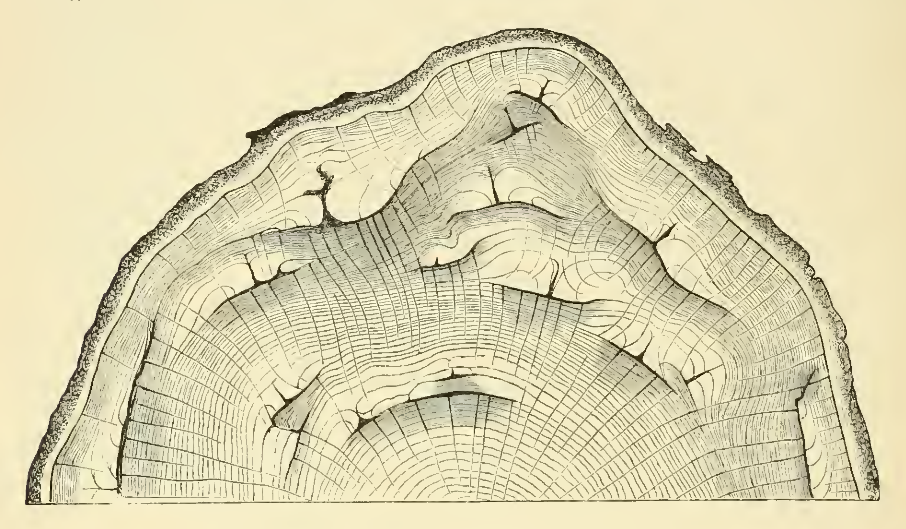


Fig. 86.
Eichenstammdurchschnitt mit zahlreichen Sonnenrissen. $^1/_2$ natürl. Gr.

Es ist wahrscheinlich, dass die Insolation den Rindenkörper partiell so erwärmt, dass dieser sich stark ausdehnt und somit von dem Holzkörper ablösen muss. Experimentell ist die Frage aber noch nicht erledigt, nur ist es leider kaum möglich, auf dem Wege des Versuches Klarheit über die Faktoren zu erhalten, welche bei der Entstehung der Sonnenrisse zusammenwirken.

Als weitere Folgen übermässiger Sonnenhitze und Lufttrockniss mag hier noch das verfrühte Vertrocknen und Abfallen der Blätter hervorgehoben werden, wie ich solches in auffälligster Weise im Jahre 1876 in allen Buchenbeständen des nördlichen Harzes an südlichen und westlichen Berghängen beobachtete Schon Ende August waren die Buchenstangenhölzer nahezu entblättert, also beinahe 2 Monate vor dem normalen Blattabfalle. Diese Erscheinung zeigte sich auch auf ziemlich frischen Böden, es muss desshalb wohl die abnorm gesteigerte Verdunstungsthätigkeit der Blätter in dem

trockenheissen Sommer gewesen sein, welcher nicht mit der entsprechenden Geschwindigkeit der Ersatz durch Wasserzufuhr aus dem Boden nachkommen konnte.

Es ist dieser verfrühte Laubabfall mithin verwandt einer Art Kiefernnadelschütte, über die ich bereits Seite 127 das Nöthige mitgetheilt habe.

Mit wenig Worten mag hier auch der mechanischen Verletzungen gedacht werden, welche durch atmosphärische Niederschläge oder intensive Luftbewegungen hervorgerufen werden, zumal dieselben oft zu der Entstehung anderer Krankheiten Veranlassung geben.

Starker Hagelschlag verletzt Blüthen und Blätter, beschädigt aber auch die Rinden insbesondere der glattrindigen Bäume in hohem Maasse. Es entstehen Quetschwunden, oder die Rinde wird an den getroffenen Stellen ganz abgeschlagen. In der Regel überwallt zwar die Hagelwunde in kurzer Zeit, oft aber hat sie auch den Tod des beschädigten Stammtheiles zur Folge. In jüngern Fichtenbeständen nahe bei München waren die vom Hagelschlag betroffenen Gipfel abgestorben, da der Holzkörper vielfach auf 2—3 ctm Länge einseitig entrindet und desshalb durch übermässige Verdunstung vertrocknet war.

Sehr oft bilden die Hagelschlagstellen die Eingangspforten für parasitäre Pilze und insbesondere ist es die Nectria ditissima, die an solchen Wundstellen keimt und den Buchenkrebs erzeugt. Auch die Peziza Willkommii benutzt oft solche Stellen zur Infection der Lärchen.

Ueber die Beschädigungen durch Schneedruck, die aus naheliegenden Gründen fast nur in immergrünen Nadelwaldungen vorkommen und entweder als Gipfel- und Astbruch auftreten oder wohl auch im Zusammenbrechen jüngerer Stangenhölzer bestehen, ist wenig zu sagen. Beachtenswerth mag noch sein, dass durch das Herabziehen der mit Schnee belasteten Zweige recht oft Verwundungen im Zweiggelenke entstehen. Sind die Zweige mit ihren herabgebogenen Spitzen in dem oberen Theile der den Boden bedeckenden Schneeschicht eingefroren, dann werden sie wohl beim allmäligen Schmelzen und Zusammensinken der Schneedecke ganz aus dem Gelenke herausgerissen. Auch diese Wunden sind für obengenannte Parasiten häufige Eingangspforten.

Sturmbeschädigungen, durch welche Bäume gebrochen oder ganz mit dem Wurzelballen umgeworfen werden, sind Beschädigungen, deren Besprechung weniger Aufgabe einer Krankheitslehre als des Waldbaues, der Betriebseinrichtung u. s. w. sein kann. Dasselbe gilt für Beschädigungen durch Feuer.

Es mag nur darauf aufmerksam gemacht werden, dass die nachtheiligen Folgen eines am Boden hinlaufenden Feuers für den Bestand nicht allein von der Intensität und der Zeitdauer desselben, sondern auch von Baumart und Baumalter oder allgemeiner ausgedrückt, von der Beschaffenheit der schützenden Rinde und Borke abhängt. Es ist bekannt, dass in älteren Kiefernbeständen die unteren Borketheile ganz schwarz und verkohlt sein können,

ohne dass die Cambialschicht, welche durch die, die Wärme schlecht leitende Borke geschützt ist, getödtet wird. Ist keine Bräunung in den jüngeren Bastlagen zu beobachten, dann hat das Feuer selbstredend keinen Schaden gethan. Dagegen sind dünnrindige Bäume in hohem Maasse empfindlich gegen Feuer und kann man sich durch wenige Einschnitte in die Rinde überzeugen, ob diese getödtet ist. Man darf sich nicht durch das Ergrünen solcher im untern Theile der Rinde geschädigten Bäume täuschen lassen. Selbst jüngere armesdicke Stangen deren Rinde unten ringsherum verbrannt, resp. vertrocknet ist, werden im Frühjahre wieder grün, trocknen aber später völlig ab, gerade so wie Buchenlohden nach Mäuseschaden anfänglich ergrünen. Sind die jungen Bäume durch die Entwicklung der Triebe ihres Reservestoffvorrathes beraubt und sterben im Laufe des Sommers ab, dann geht ihre Ausschlagsfähigkeit vom Stock fast völlig verloren. Weit besser schlagen solche Bäume aus, die völlig verbrannt sind oder die man sofort über der Erde abgehauen hat, nachdem die Beschädigung eingetreten war. Die in dem unterirdischen Baumtheile vorräthigen Bildungsstoffe kommen dann den neuen Ausschlägen unvermindert zu Statten. Ein Abwarten und Verzögern des Abhiebes kann daher nur von Schaden sein, falls der geschädigte Ort noch so jung ist, dass von einer Verjüngung aus dem Stock überhaupt Erfolg zu erwarten ist.

Schweflige Säure im Steinkohlen- und Hüttenrauch.*)

In der Nähe grösserer Hüttenwerke oder solcher industrieller Anlagen, in denen grosse Mengen Steinkohlen verbrannt werden, hat sich von jeher ein nachtheiliger Einfluss des Rauches auf die Vegetation zu erkennen gegeben und zwar in dem Maasse, dass in industriereichen Städten wie z. B. in Essen kaum eine Vegetation sich zu erhalten vermag, dass oft in $^1/_2$ Stunden Entfernung von Hüttenwerken unter der herrschenden Windrichtung die Folgen in verderblichstem Maasse zu erkennen sind. Die früher bestehende Annahme, es seien die metallischen Gifte im Hüttenrauche (Arsen, Zink, Blei) oder es sei der schwarze Russ, der sich aus dem Steinkohlenrauch auf die Blätter ablagere, der den schädlichen Einfluss ausübe, hat sich als irrig erwiesen; die Untersuchungen Stöckhardt's**) und Schröder's***) haben gezeigt, dass lediglich dem Gehalt des Rauches an schwefliger Säure nachtheiliger Einfluss zuzuschreiben sei. Es ist experimentell festgestellt, dass die schweflige Säure von der Blattoberfläche aufgenommen wird, dass dadurch die Gewebe

*) Hasenclever, Ueber die Beschädigung der Vegetation durch Saure Gase, Berlin 1879.

**) Stöckhardt, Tharander forstl. Jahrbuch 1871 p. 218.

***) Schröder, Landwirthschaftl. Versuchstation 1872, 1873.

theilweise getödtet und gebräunt werden. In der Nähe der stärkeren Blattrippen erhält sich das Gewebe noch am längsten widerstandsfähig. Wenn auch die Nadeln weniger schweflige Säure aufnehmen, als Laubblätter, so leiden sie doch im Allgemeinen mehr, weil sie längere Zeit den nachtheiligen Einflüssen exponirt sind, während die Laubblätter alljährlich neu erzeugt werden. Untersucht man in der Nähe von Hüttenwerken die am meisten exponirten, noch lebenden Fichten, so sieht man, dass sie nur an den letztjährigen Trieben noch grüne Nadeln haben, je weiter man sich von dem Heerde des Uebels entfernt, um so mehr Jahrgänge Nadeln zählt man an den Fichtenzweigen; die Lebensdauer derselben hängt mithin in hohem Grade von der Intensität der Rauchwirkung ab Unter den Laubhölzern ist die Rothbuche am empfindlichsten, dann folgen Eiche und Ahorn, während Ulme, Esche und Vogelbeere, sowie unter den Nadelhölzern die Kiefern zu den unempfindlichsten gehören.

Da die schweflige Säure leicht zu Schwefelsäurehydrat oxydirt, so ist damit nicht nur erklärt, wie aus der Luft selbst immer wieder dieses Pflanzengift entfernt wird, es ist auch der Weg angezeigt, auf dem wir in den Hüttenwerken resp. anderen industriellen Etablissements die schwefelige Säure aus dem Rauche entfernen können. Es ist dies in der Praxis theilweise schon zur Ausführung gelangt, indem man die Schwefelgase durch mit Wasser benetzten Kalk leitete, wobei 90 % unschädlich gemacht sind, oder diese Gase durch lange Canäle führte, auf deren Sohle sich, der Richtung des Dampfes entgegen, fliessendes Wasser bewegte. Es findet dabei die Umwandlung in Schwefelsäurehydrat statt.

Einwirkungen des Blitzes.

Völlig unaufgeklärt sind zur Zeit noch die Einwirkungen des Blitzes auf die Gesundheit der Bäume.

Die Folgen des Blitzschlags beschränken sich entweder auf einen einzigen Baum, oder es werden grössere Baumgruppen dadurch in Mitleidenschaft gezogen. Was die ersteren Fälle betrifft, so hat sich herausgestellt, dass alle unsere Baumarten vom Blitz heimgesucht werden können, dass aber einzelne Holzarten bevorzugt werden. Am häufigsten scheinen Eichen und Pyramidenpappeln, sehr oft auch Kiefern, selten dagegen Rothbuchen betroffen zu werden. Die Beschädigungsart ist auch bei derselben Holzart eine sehr verschiedenartige. In der Regel beschränkt sie sich darauf, einen 2—3 cm breiten Rindenstreifen bis zum Holzkörper abzulösen. Diese Blitzrinne setzt innerhalb der Baumkrone schon an, überspringt oft längere Stammtheile, erscheint auf einer anderen Seite des Stammes, springt wohl wieder auf die andere Seite über, bei Stämmen mit geradem Faserverlauf gerade, bei solchen mit spiraliger Faserung dieser folgend. Unten am Stamme hört die Blitzrinne zwischen

zwei Wurzeln nahe der Bodenoberfläche auf oder läuft an der Unterseite einer starken Seitenwurzel noch eine Strecke fort, um dann plötzlich zu verschwinden. Die Gesundheit des Baumes wird dadurch in keiner Weise geschädigt. Der schmale Holzstreifen, der entweder gar nicht verletzt ist, oder in der Mitte einen schmalen Spalt zeigt, bräunt sich äusserlich nur wenig und überwallt nach einer Reihe von Jahren vollständig.

In anderen Fällen zeigen die vom Blitz betroffenen Bäume (Kiefern) äusserlich dieselbe Beschädigung. Der ganze Rindenkörper ist aber schon wenige Tage nach dem Blitzschlage abgestorben und gebräunt, mit Ausschluss des Wurzelstockes, der Wurzeln und der oberen Baumkrone. Solche Stämme vertrocknen entweder nach Monaten oder binnen Jahr und Tag, können aber noch 4—5 Jahre sich lebend erhalten, worauf sie dann erst vertrocknen. Zuweilen entrindet der Blitzschlag den Baum in dem Maasse, dass der Schaft fast nackt dasteht, oder er zerspaltet den Stamm der Länge nach in mehrere Theile, zerfasert ihn wohl vollständig und schleudert grosse Splitter auf 100 Schritte Entfernung fort. Es sieht in einzelnen Fällen nur noch ein kurzer Stumpf aus dem Boden hervor.

Entzündung findet nur dann statt, wenn der Baum ganz trocken war oder trockene Aeste oder doch trockenfaules Holz besass. Lebendes frisches Holz wird durch den Blitz nicht entzündet.

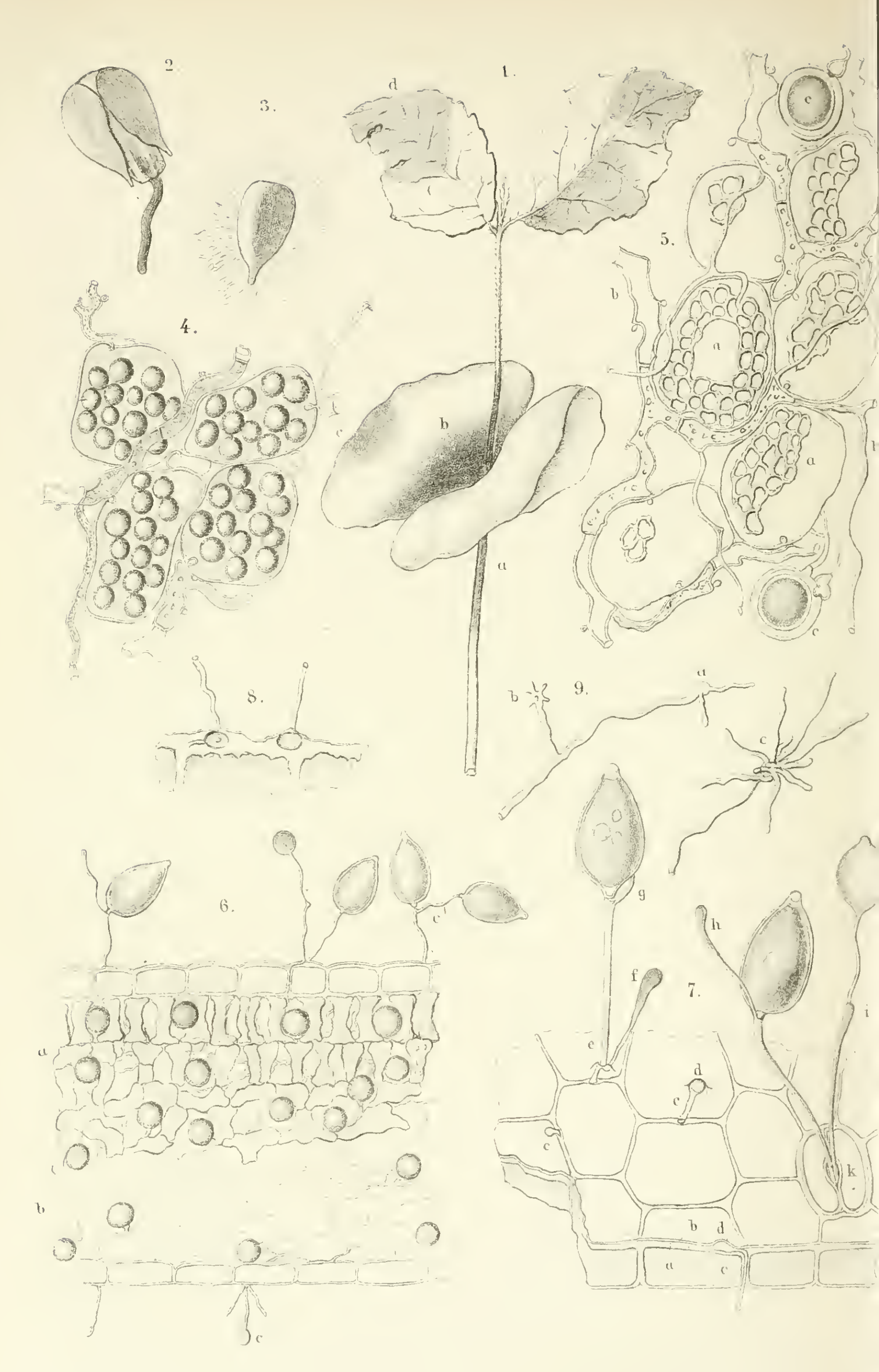
Völlig räthselhaft erscheint zur Zeit noch das Absterben grösserer Waldparthieen nach erfolgter Blitzbeschädigung, wie ich ein solches mehrfach in jüngeren und älteren Kiefernbeständen beobachtet habe*). Es ist dabei auffällig, dass das Absterben nicht gleichmässig, sondern von einem Punkte beginnend in radialer Richtung fortschreitet und oft erst nach 5 Jahren und später aufhört. Die Untersuchung der Bäume ergab, dass nur ein oder wenige Stämme Blitzspuren erkennen liessen, dass aber die Rinde dieser Bäume sowie einer grossen Zahl von Kiefern in der Nachbarschaft derselben zwischen Baumkrone und Wurzelstock getödtet war. In einem älteren Kiefernbestande hing die todte Rinde an den Schäften herab, während die Baumkronen völlig grün benadelt waren. In einem jüngeren ca. 30jährigem Bestande fand ich am Rande der seit 5 Jahren immer grösser gewordenen Blösse noch 3 Stämme mit Blitzspuren. Der eine davon war im letzten Jahre vertrocknet, der zweite hatte noch eine grüne Krone, zeigte aber den Rinden- und Bastkörper von $\frac{1}{2}$ m — $2\frac{1}{2}$ m Höhe abgestorben; der dritte Stamm war in allen Theilen völlig gesund, trotzdem ein breiter Rindenstreif vom Blitz abgetrennt war. Ich gestehe, dass ich diesen Beobachtungen gegenüber darauf Verzicht leiste, eine Erklärung über die Wirkungsweise des Blitzes zu geben. Das zuweilen

*) R. Hartig, Zeitschrift für das Forst- und Jagdwesen, 1876 p. 330 ff.

erst nach 5 Jahren eintretende Absterben der, von der Blitzwirkung betroffenen Stämme erklärt sich ebenso, wie das zuweilen erst nach Jahrzehnten erfolgende Absterben entrindeter Kiefern. Im Holzkörper wandern Wasser und Nährstoffe aufwärts und die Bildungsproducte werden in der gesund gebliebenen Krone zu Neubildungen verwendet. Das Absterben erfolgt erst, wenn der nackte Holzstamm allmälig von aussen nach innen soweit ausgetrocknet ist, dass kein genügendes Wasserquantum nach oben gelangen kann. Dass ein Stamm mit Blitzrinne völlig gesund bleibt, während der Nachbarstamm ohne solche abstirbt, liesse sich allenfalls so erklären, dass im ersteren Falle der electrische Strom sich auf eine enge Bahn zusammengezogen, im letzteren Falle über die ganze Oberfläche resp. Rindenschicht des Stammes ausgebreitet hatte.

Register.

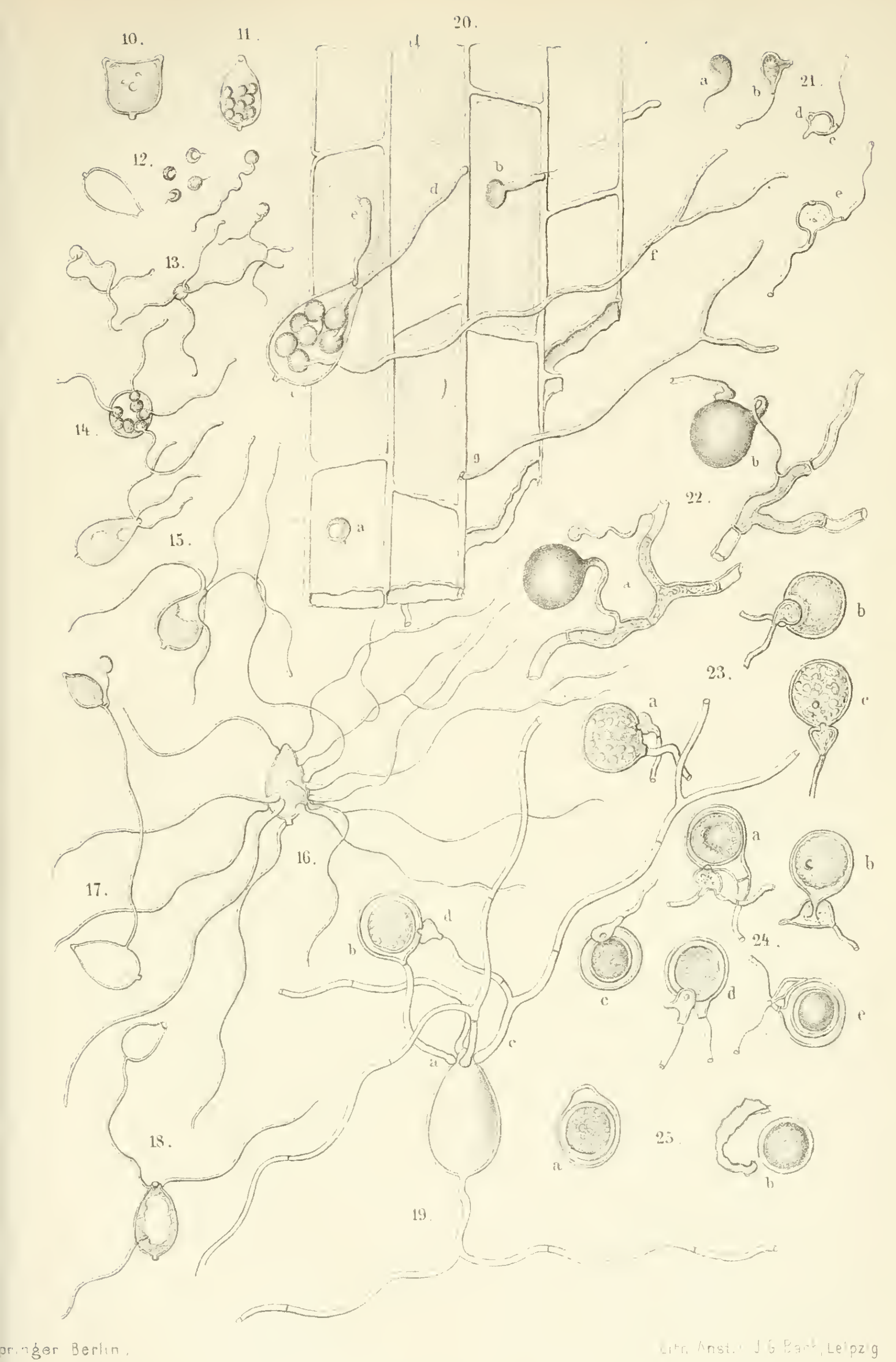
Pierer'sche Hofbuchdruckerei. Stephan Geibel & Co. in Altenburg.



R Hartig del.

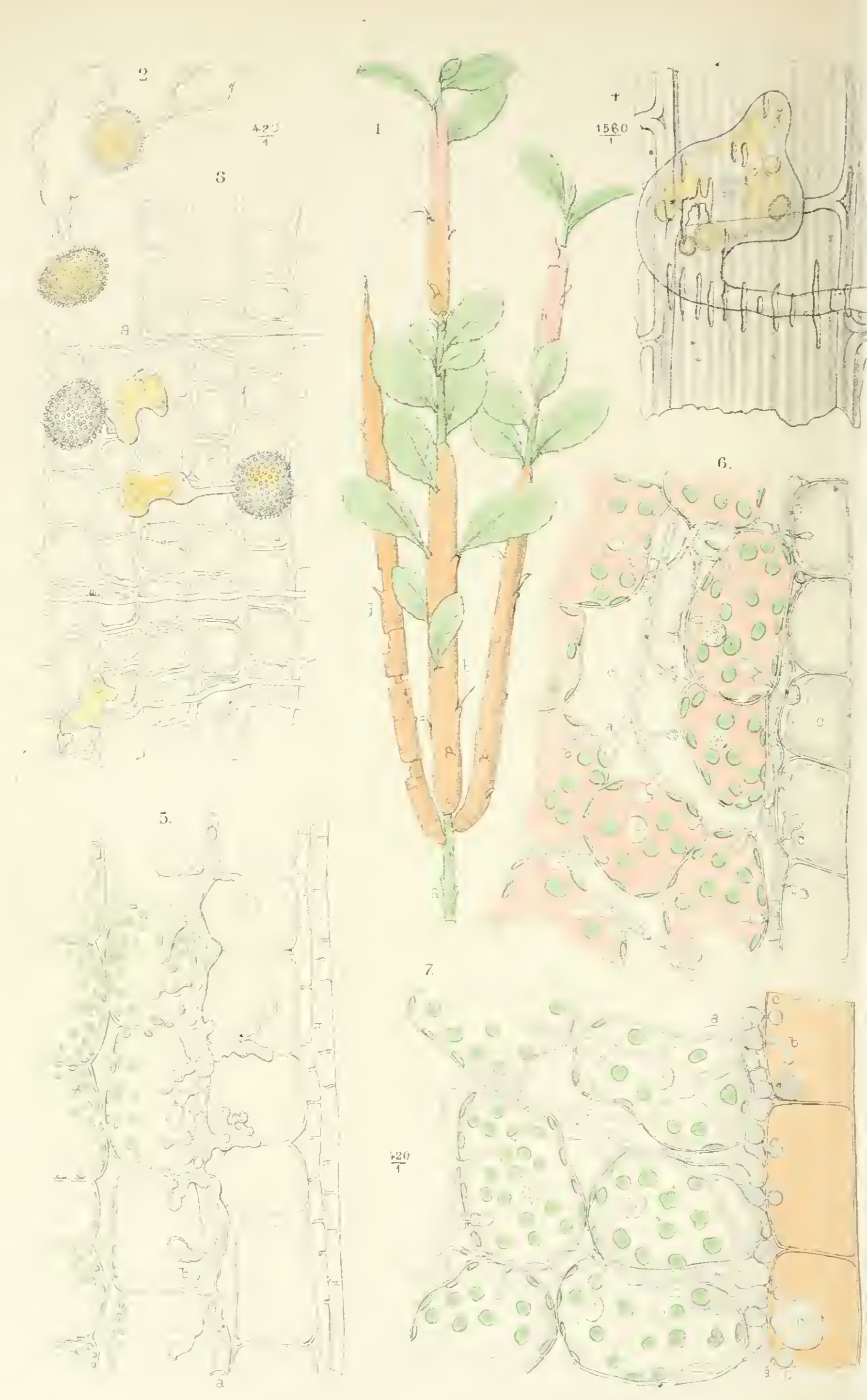
Verlag von Jul

Phytophthora



ringer Berlin. Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig

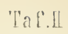
gi. syn: omnivora.



E. Ihr... del.

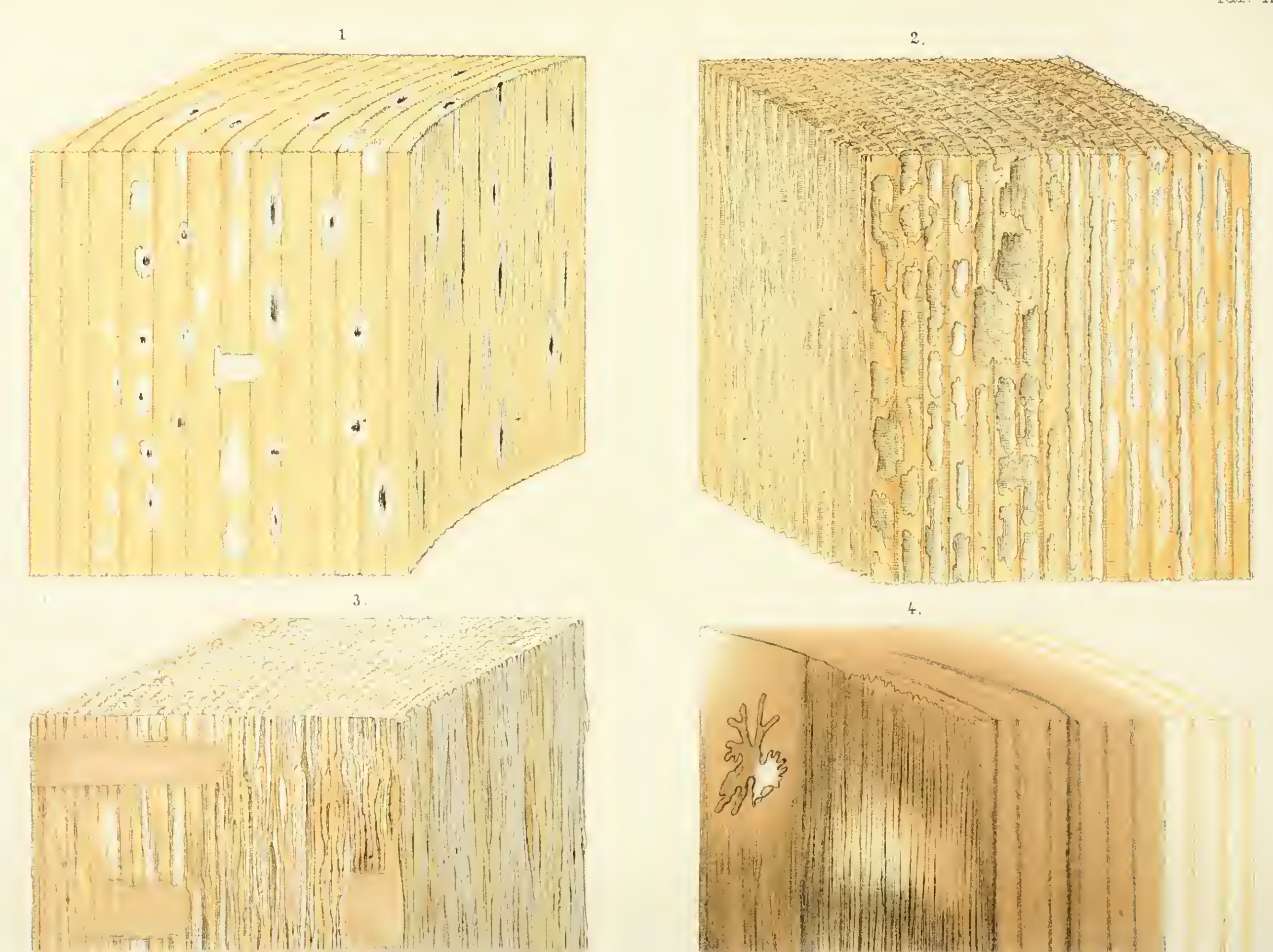
Verlag von Ju...

Melampso...



Springer in Berlin

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig


1
2.
3.
4.



R. Hartig. del.

Verlag von Julius Springer, in Berlin.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig

Fig. 1. Fichte mit Trametes radiciperda. **Fig. 2.** Kiefer mit Trametes Pini. **Fig. 3.** Eiche mit Polyporus dryadeus. **Fig. 4.** Fichte mit Wundfäule u. Rhizomorphen.
Fig. 5. Eiche mit Stereum hirsutum. **Fig. 6.** Eiche mit Polyporus igniarius.

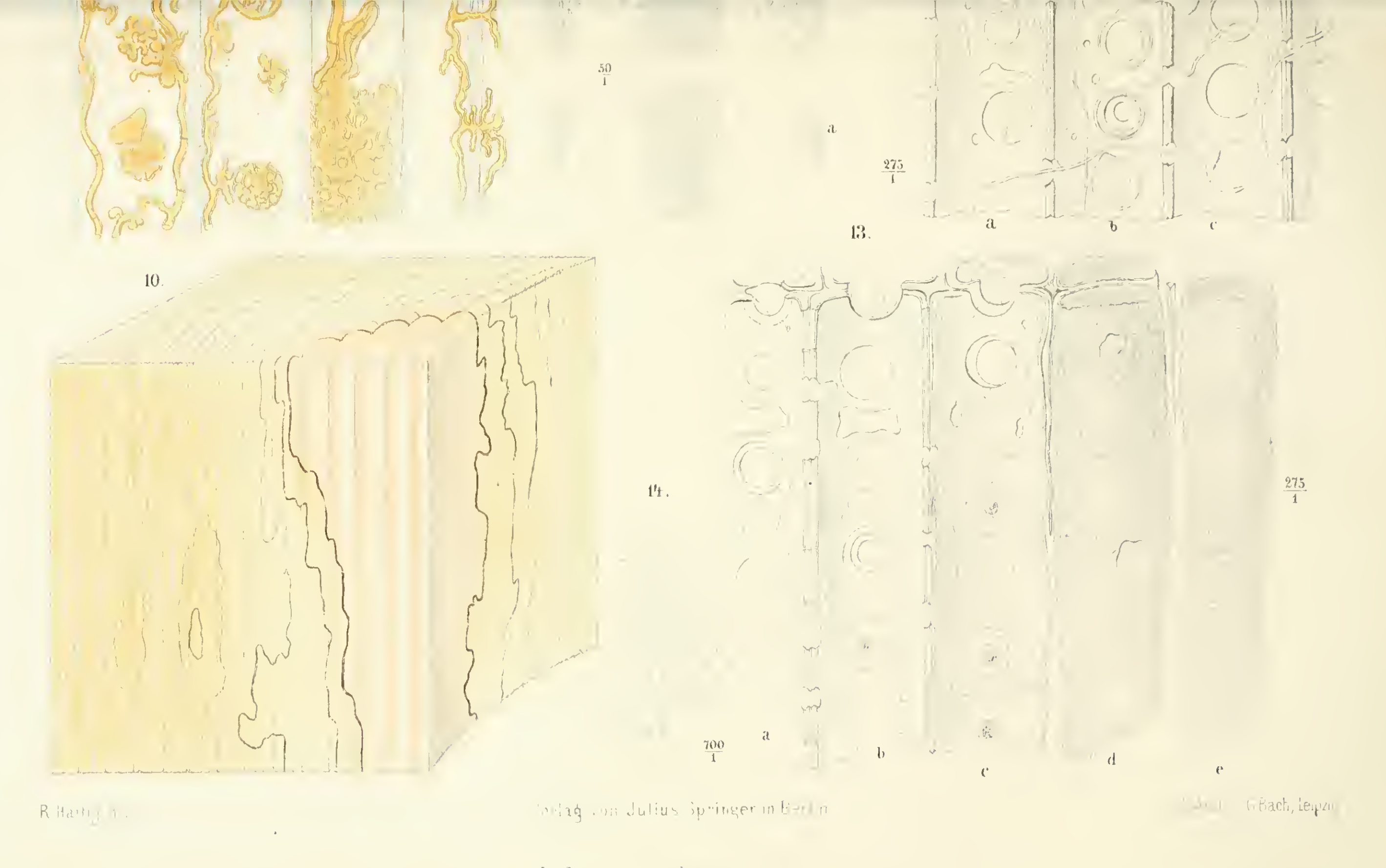
2. 4. 3.

1. 6. 7. 8. 9.

5.

11. 12.

$\frac{1}{1}$ $\frac{1}{3}$ $\frac{1}{3}$ $\frac{275}{1}$ $\frac{275}{1}$



R. Hartig

Verlag von Julius Springer in Berlin

G. Bach, Leipzig

Polyporus fulvus Scop.
Tannenweißfäule

Taf V

10

2

5

6

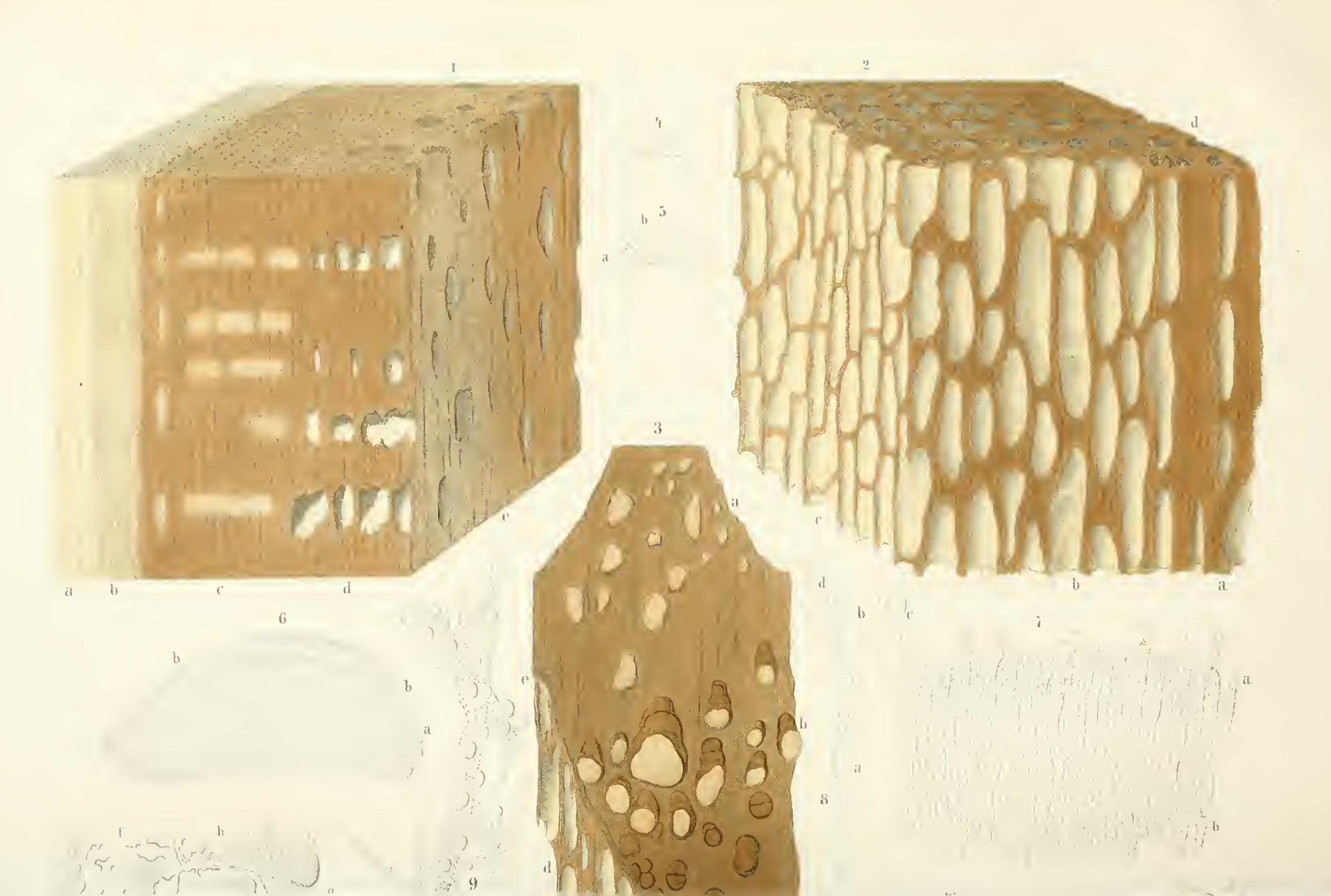
9

8

R. Hartig del.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Polyporus borealis Fr.



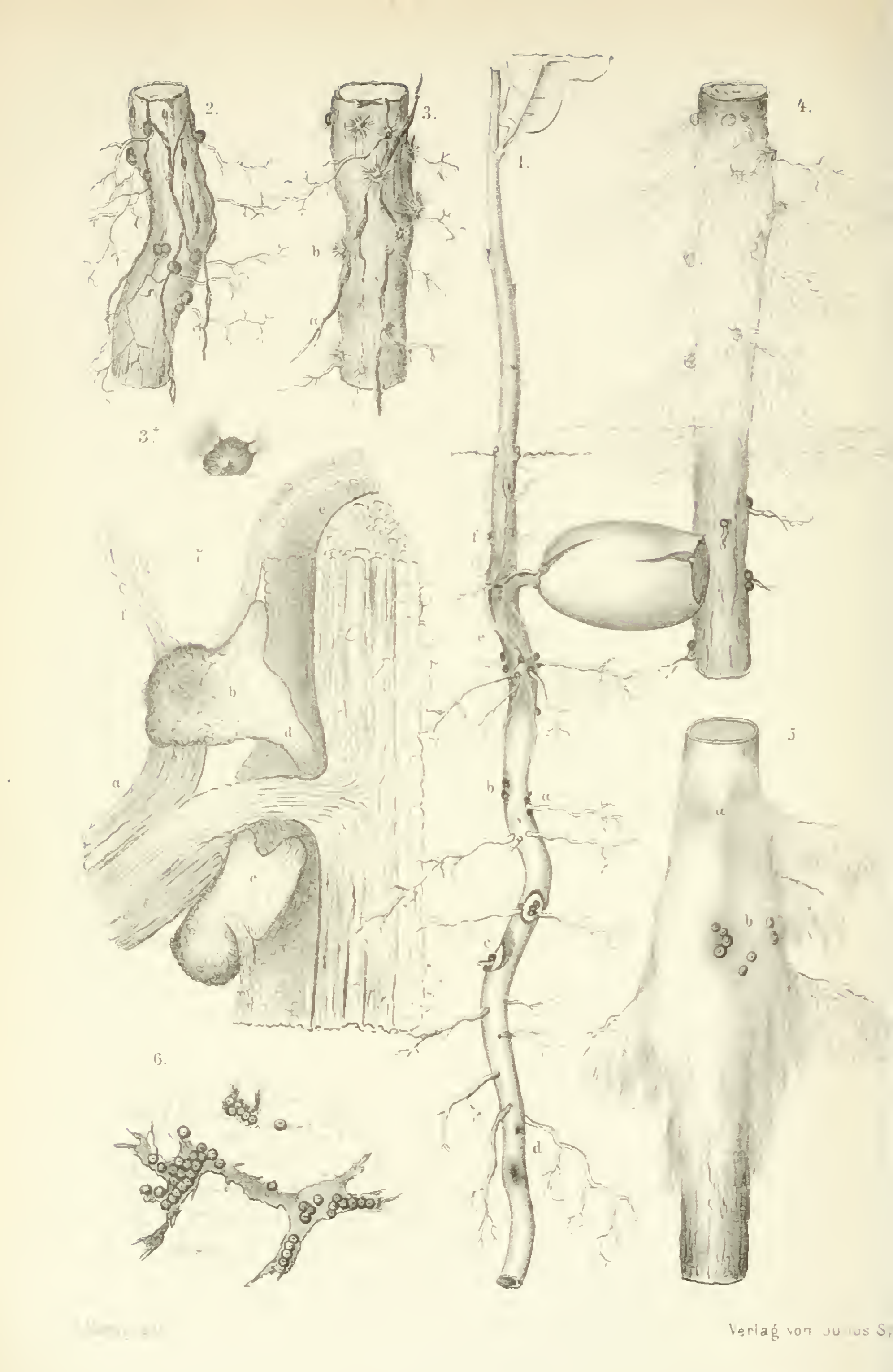
Verlag von Julius Springer in Berlin

Thelephora Perdix


1
a
b
2
b
c
d
a
3.
1/4
4.
5.
a
b
6
e

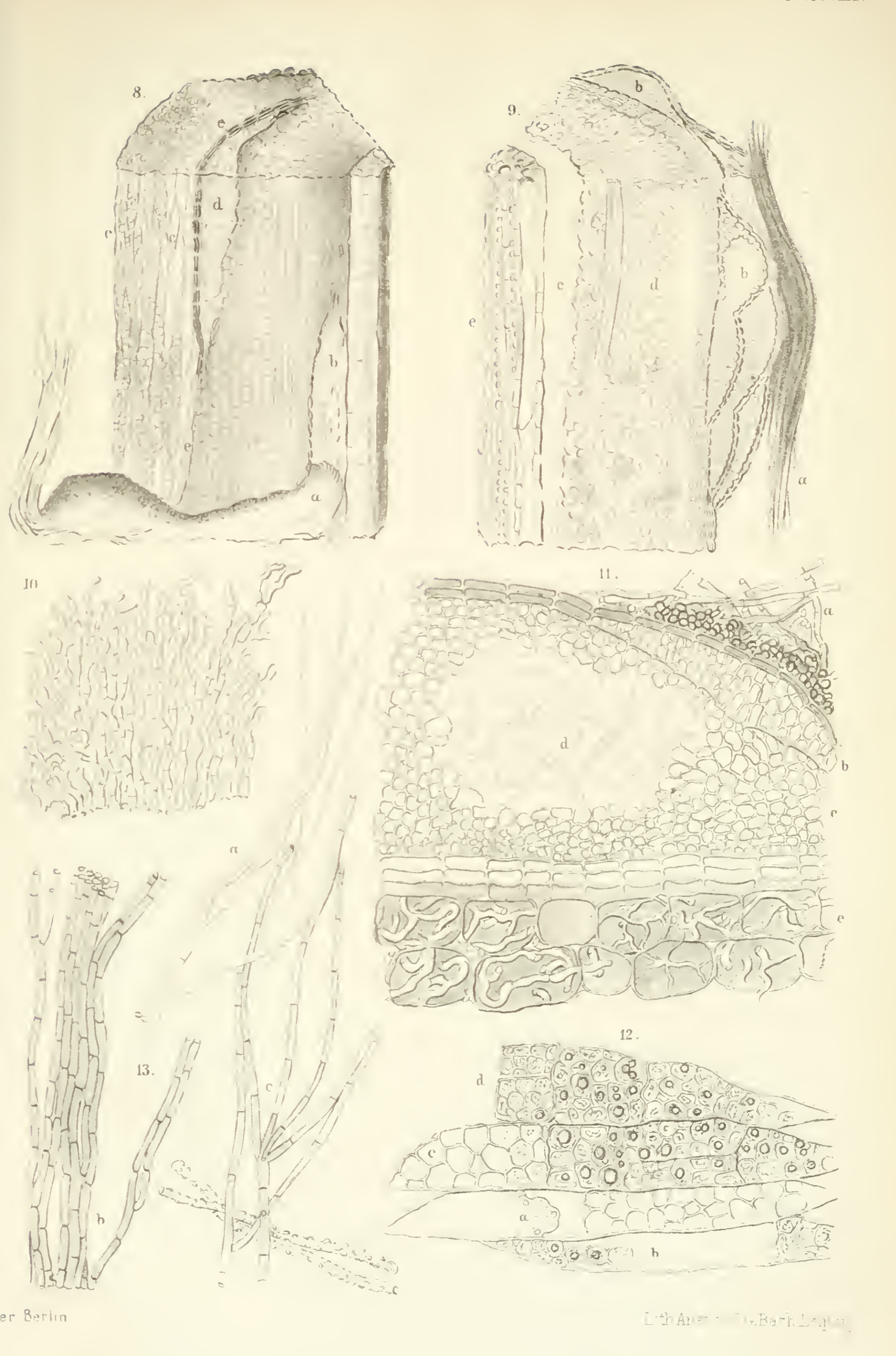
Verlag von Julius Springer, in Berlin

Polyporus sulphureus Fr.



Verlag von Julius S

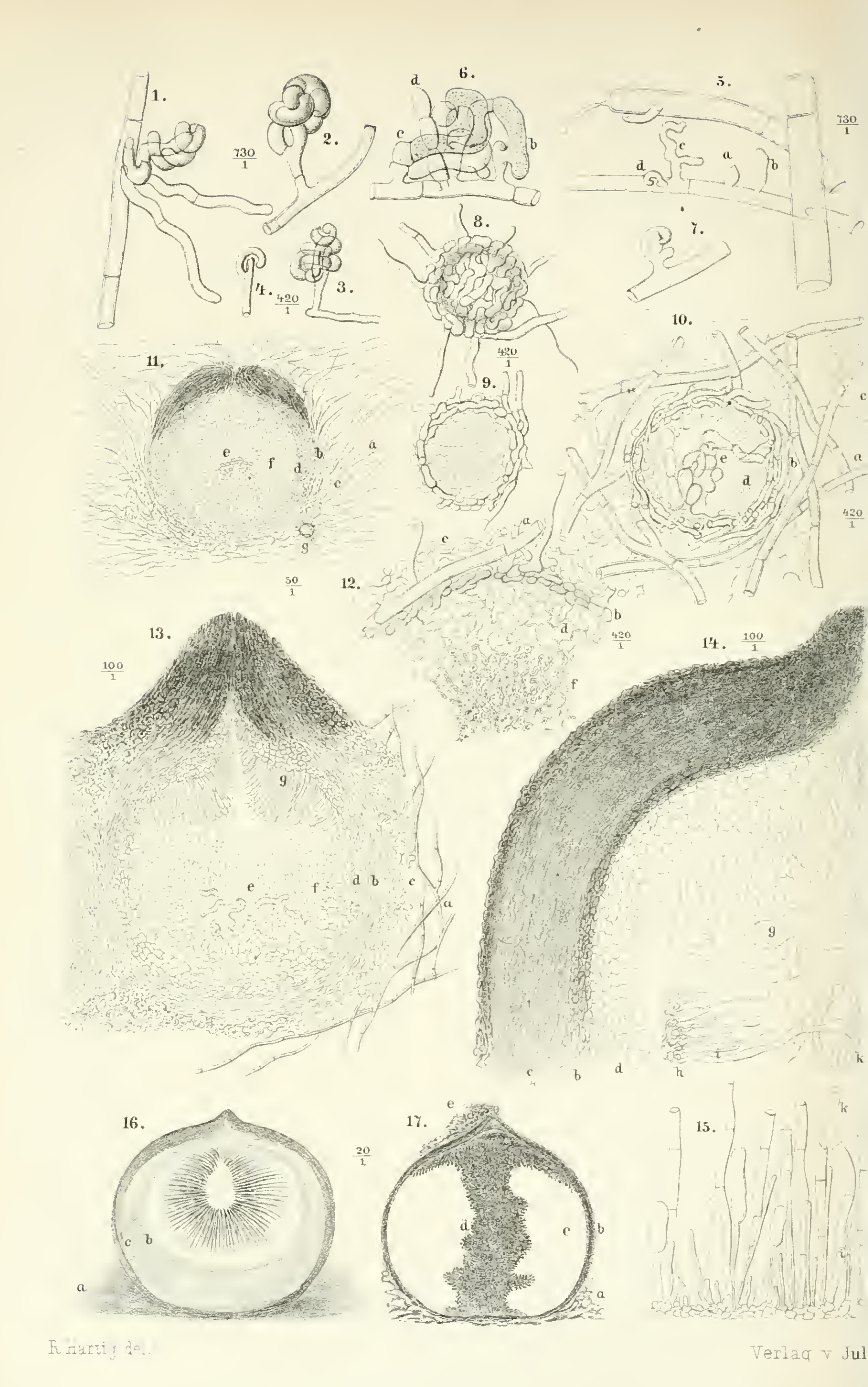
Rosellinia



er Berlin

Lith Anst. v. ... Bach, Leipzig.

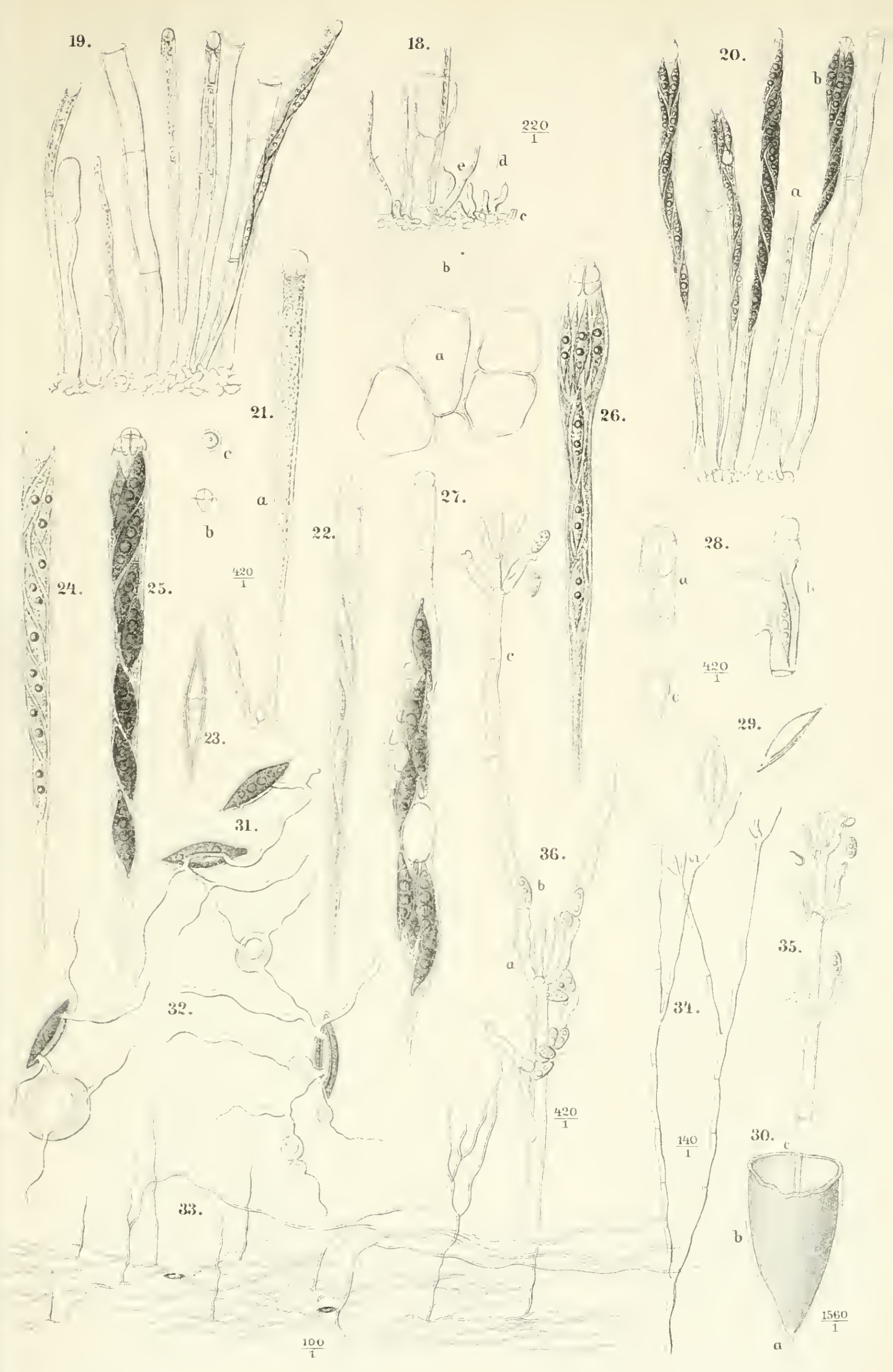
rcina.



R. Hartig del.

Verlag v. Jul

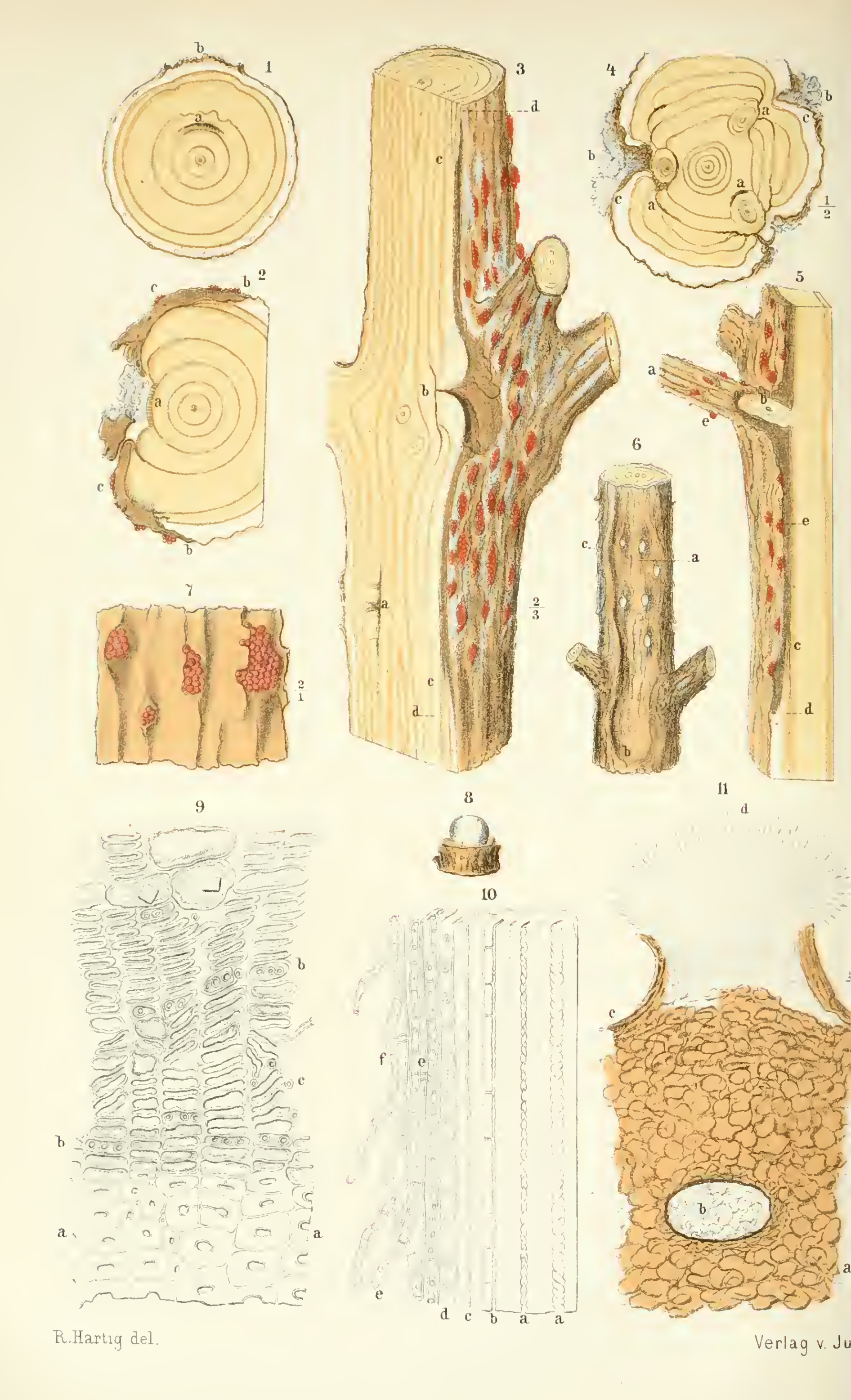
Rosellinia



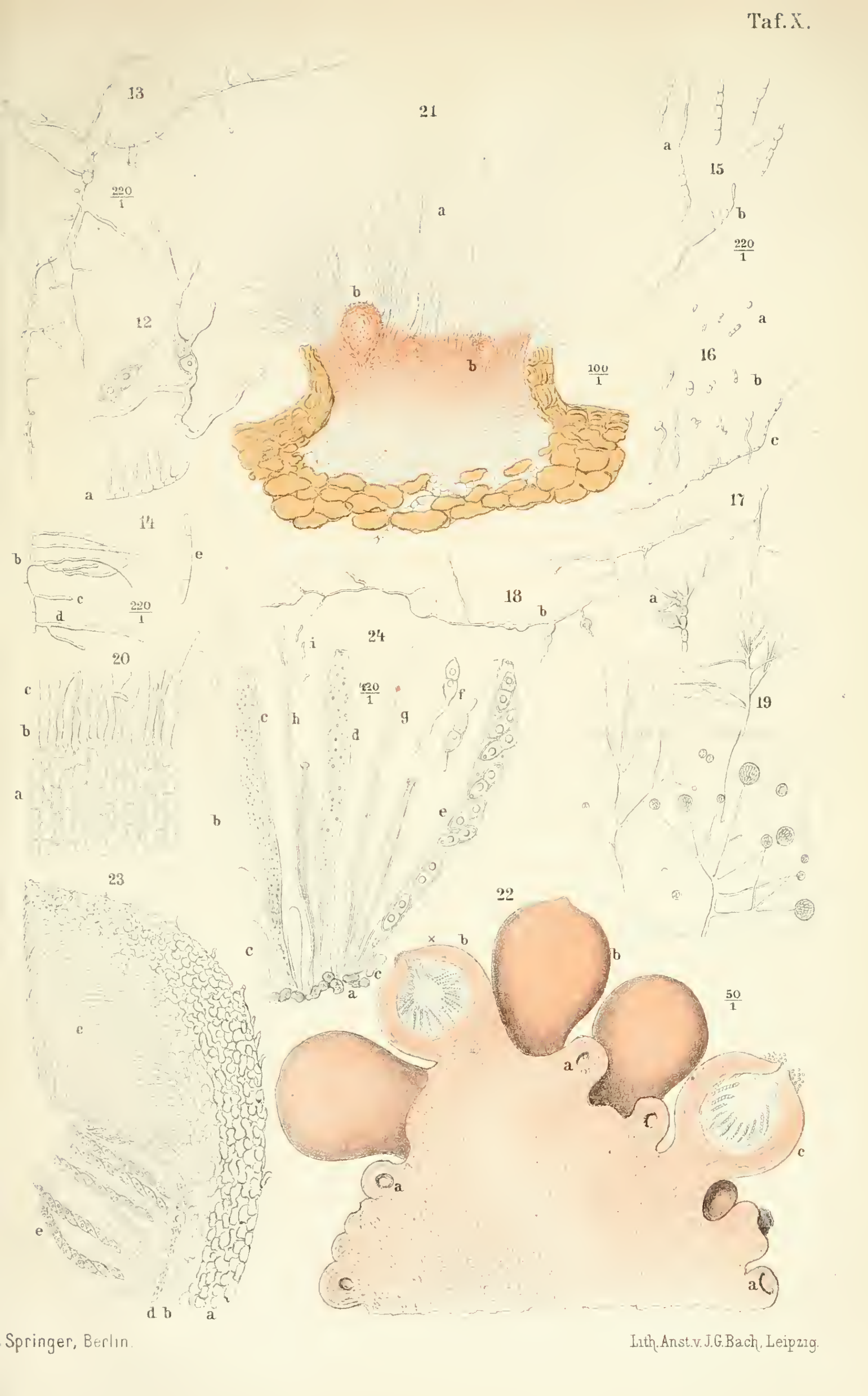
Springer, Berlin.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig

ıercina n. sp.



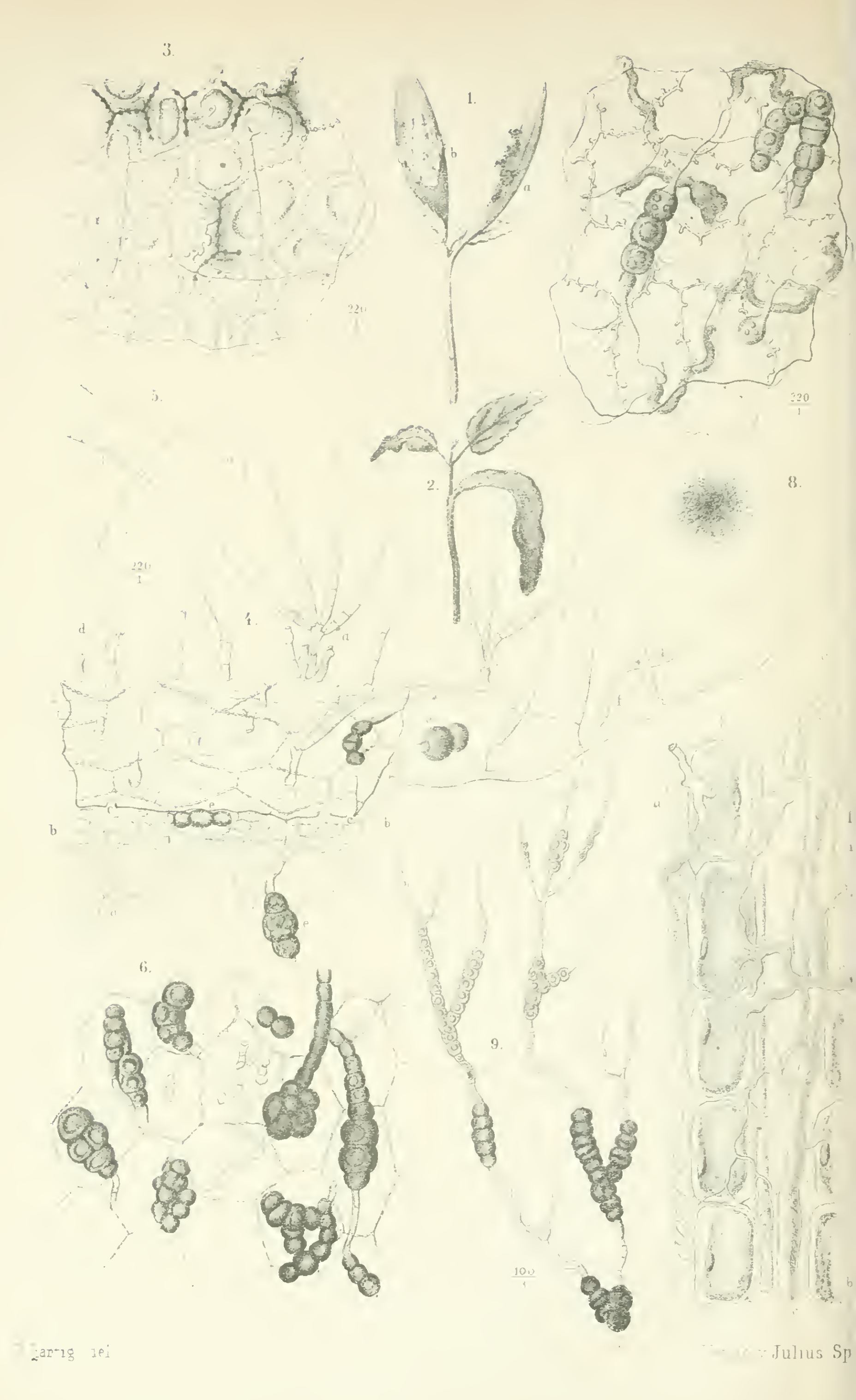
Nectria C



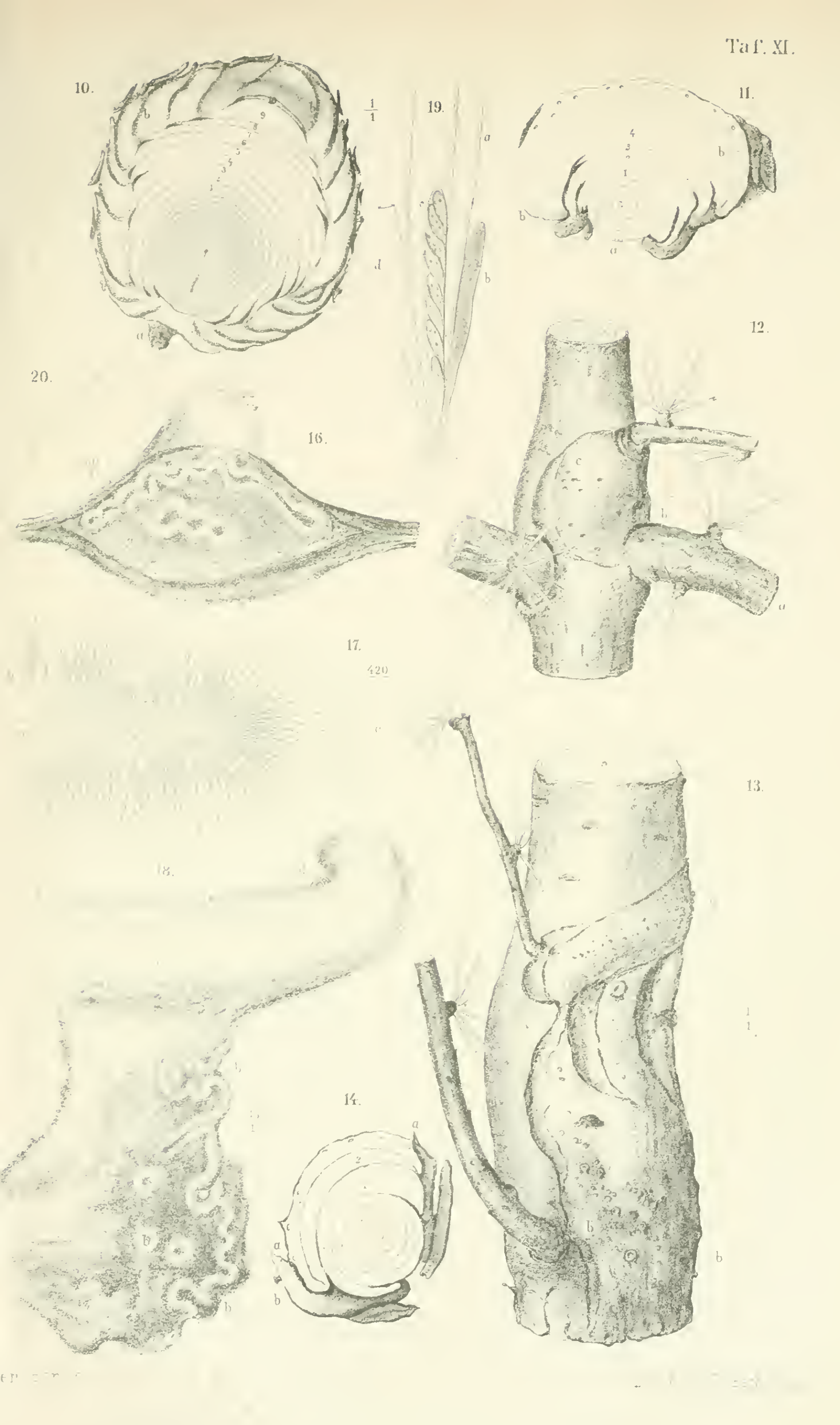
Springer, Berlin.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

urbitula Fr.



Cercospora acerina m.



Peziza Willkommii m.

